

# peem

MARS 1992 5<sup>e</sup> ANNÉE

ISSN 0397-4634

## Assainissement et hydraulique

# métiers et avenir... en France et dans le monde... chez **TOTAL**



La Compagnie Française des Pétroles, chef de file du groupe TOTAL, anime et coordonne dans le monde l'activité de quelque 300 sociétés, et propose son expérience aux jeunes nations industrielles.

Sa vocation traditionnelle de groupe pétrolier et pétrochimique s'étend aujourd'hui à toutes les énergies.

Le groupe TOTAL consacre de très importants investissements en moyens financiers et humains à ce rôle de pourvoyeur d'énergie.

## le groupe **TOTAL** recrute

des ingénieurs, des cadres, des agents de maîtrise et des techniciens dans les métiers suivants : exploration, forage, production, construction, services généraux, administration, finances, commercialisation.

Vous travaillez volontiers dans une langue étrangère, en particulier l'anglais !

TOTAL vous offre d'élargir l'horizon de votre avenir professionnel au monde entier.

Vous rejoindrez ses jeunes équipes à pied d'œuvre dans une soixantaine de pays.

## le groupe **TOTAL** accueille des stagiaires.

Étudiants de niveaux de formation variés, pour profiter pleinement des stages organisés par TOTAL, adressez vos demandes au début de l'année universitaire en liaison avec les services de vos Écoles ou de vos Universités.

S'adresser aux Services Recrutement  
de la COMPAGNIE FRANÇAISE DES PÉTROLES

● soit au Siège Social,  
5, rue Michel-Ange, 75781 Paris Cedex 16

● soit, pour l'Exploration-Production,  
39/43, quai André-Citroën, 75739 Paris Cedex 15

# sommaire

## Directeur de la publication :

Yves BOISSEREINQ  
 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  
 Élèves de l'École des Ponts et Chaussées.**

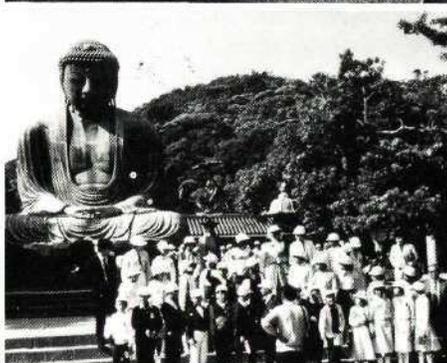
## Abonnements :

- 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

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 :

Station de Salbukh, vue sur les tubocirculateurs et refroidisseurs. (traitement des eaux potables de la ville de Riyadh par le procédé d'osmose inverse).

## dossier

L'assainissement urbain par F. VALIRON .....	21
Une application de l'Osmose inverse par Y. COUSQUER .....	26
Le traitement des eaux résiduaires par F. RELOTIUS .....	32
Aménagements hydroélectriques en région Grenobloise par J. LECLERCQ et M. COURIER	38
La place des biotechnologies dans l'assainissement par R. COULOMB	42
Structures en béton par C. FERT ..	49
Impression de Voyage au Japon par A. PAGES .....	52

## rubriques

### Réalisation dans les D.D.E.

### La Vie du Corps des Ponts et Chaussées

.....	57
Mouvements .....	62
Offres d'emplois .....	63



**EDF**



*Station de pompage de Revin (Ardennes)*

*(Photothèque E.D.F.)*

**Depuis 1973,  
Electricité de France met en œuvre de nouvelles techniques  
pour tirer un meilleur parti  
des ressources hydro-électriques nationales.**

# AEROPORT DE PARIS

## en France et dans le monde nous facilitons vos voyages d'aujourd'hui et de demain

Concevoir, construire et exploiter les installations pour les usagers du transport aérien, voilà notre mission.

Orly Sud (1961), Orly Ouest (1971), Aéroport Charles de Gaulle, aérogare 1 (1974), aérogare 2 (1982), placent Paris au rang des plus grands systèmes aéroportuaires du monde.

Mais encore Abu Dhabi, Beyrouth, Casablanca, Dacca, Jakarta... Car nous construisons aussi des aéroports à l'étranger.

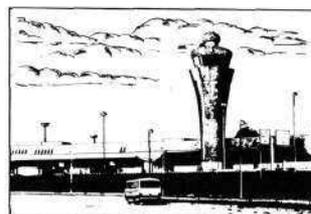
ORLY SUD



ORLY OUEST



ABU DHABI



CDG - 1



CDG - 2



CASABLANCA

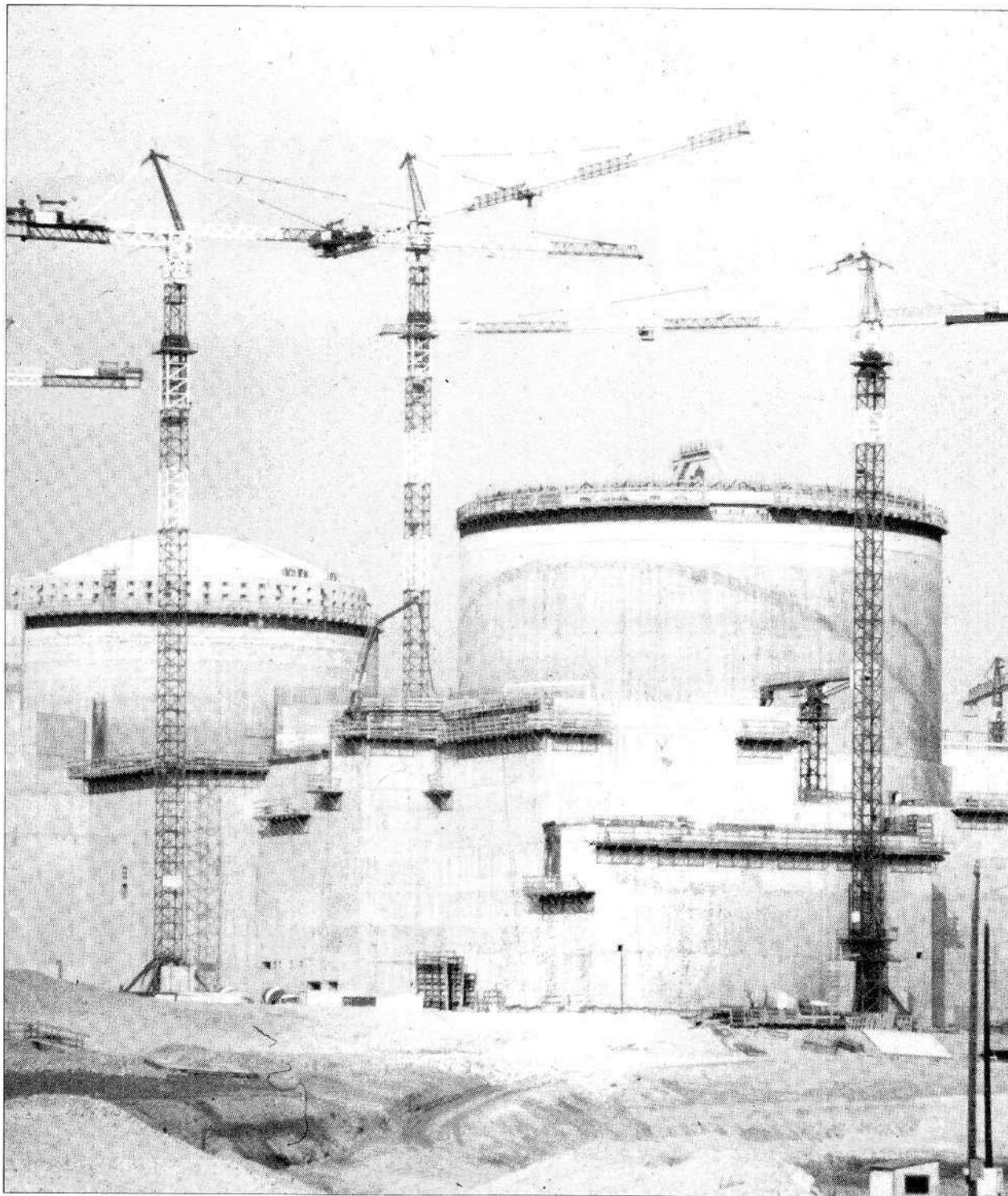


AEROPORT  
DE PARIS

*les aéroports : c'est notre affaire*

# Nous croyons aux défis générateurs de progrès :

Climat social – Respect de la qualité et des délais.



**BOUYGUES**

*Construction de 2 réacteurs  
de 1 300 MW constituant les deux  
premières tranches de la  
centrale nucléaire de Saint-Alban (Isère).  
Maître d'ouvrage et maître d'œuvre :  
Electricité de France,  
région d'équipement Alpes/Lyon.*

# 40 TONNES SUR 3 POINTS

sans boitage et sans joint



Regard sous chaussée  
RB3 - Cadre et Tampon.

En conséquence :  
pas de descellement,  
pas d'entretien,  
pas de frais de maintenance.  
Les tampons peuvent être dotés  
d'un dispositif de déblocage  
par en-dessous.

## ACIER-UASM

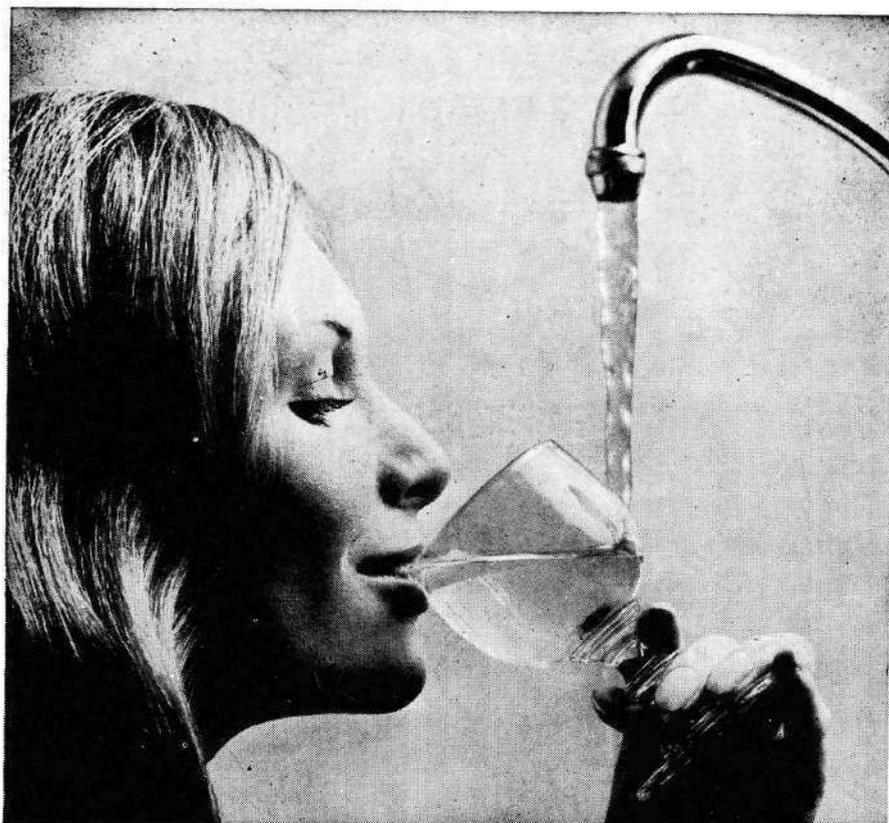
garanti 10 ans contre casse et bruit.

LES VARIANTES RB/CB

<p>RB3. Ø 600</p>	<p>CB30 et CB37</p> <p>CB30 = Ø 600 CB37 = Ø 700</p>	<p>REHAUSSE RB</p> <p>Ouverture Ø 600</p>	<p>TAMPON A ASPHALTER</p>
-------------------	--	---	---------------------------

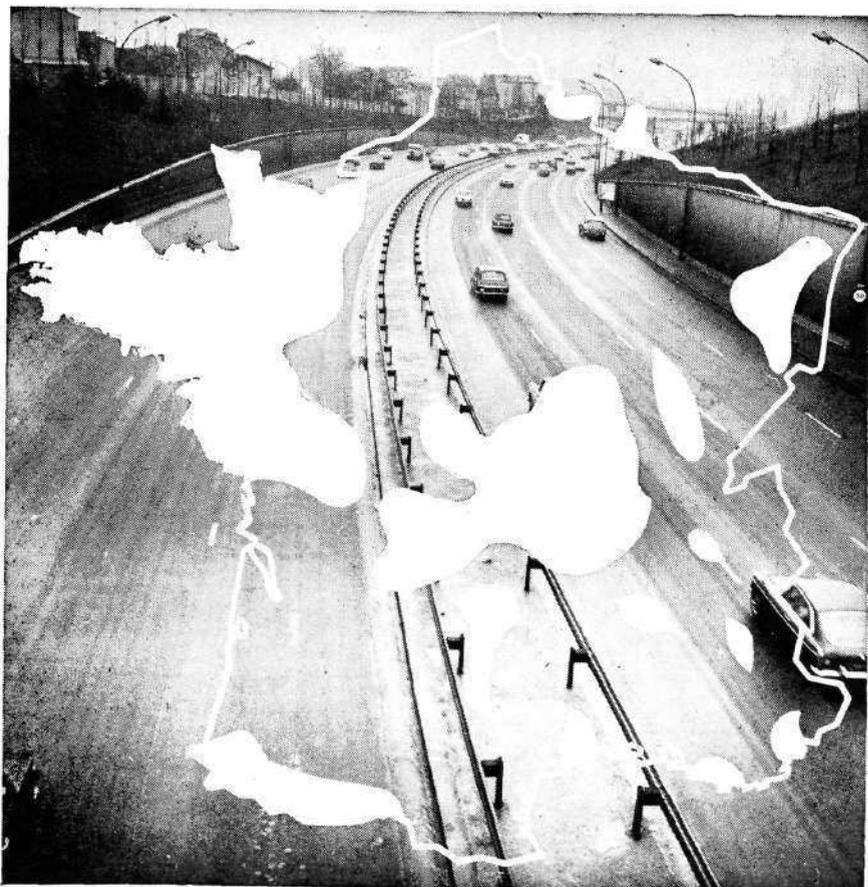
**USINES ET ACIERIES DE SAMBRE ET MEUSE**

DIV. TRAVAUX PUBLICS. TOUR AUREOLE. CEDEX 05. 92080 PARIS/DEFENSE. TEL. 778.61.79



plaisir retrouvé  
grâce  
à la  
compagnie  
générale des eaux

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



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

GESTION PUBLICITAIRE PHOTOS G.F.

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

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

Un tiers du sol national recèle des gisements de valeur.

# TELESCOPIC JCB

## POUR TOUS TRAVAUX

2,5 t à 6,40 m de haut  
Allonge à plus de 3 m  
en avant des roues



C'est un chargeur, un chariot élévateur, une grue mobile, un dumper. En bout de flèche, peuvent s'adapter les équipements pour : déposer, charger, reprendre, lever, atteindre, retourner, déplacer, distribuer, soulever, creuser, nettoyer, décaper, remblayer, approvisionner, gerber, stocker, tracter, pousser, forer.



Demandez notre brochure Application à : JCB Manutention - Z.I. - Rue du Vignolle 95206 Sarcelles - Tél. (3) 990.54.23.

ENVIRONNEMENT  
ASSAINISSEMENT - VOIRIE



B.P. 48 - 78302 POISSY CEDEX

**TELECONTROL INTERNATIONAL**

Impasse Georges Clémenceau  
78300 Carrières-sous-Poissy (France)  
Tél. : (3) 974.16.06 — (3) 974.04.04  
Télex : 220064 ETRAV EXT 4034

**LE NUMERO 1 EN FRANCE  
DU MATERIEL D'INSPECTION DE CANALISATIONS PAR TELEVISION EN CIRCUIT FERME**

### REFERENCES

COMMUNAUTE URBAINE DE LYON  
COMMUNAUTE URBAINE DU MANS  
ASSAINISSEMENT VILLE DE ROUEN  
SOBEA  
COOPETANCHE  
OTTO GIF  
SOGEME (Filiale Thomson)  
D.D.E SEINE-ST-DENIS  
D.D.E VAL-DE-MARNE  
ASSAINISSEMENT VILLE DE TOULON  
LYONNAISE DES EAUX DE CREIL  
SOCIETE DES EAUX DU NORD LILLE  
VACHER - ITEM  
GAZ ET EAUX LODS (Besançon)  
GENERALE DES EAUX ARRAS

SIVOM AIGUES-MORTES (2 équipements)  
SOCIETE MAIN ANNECY  
S.D.E.I. LYON  
S.I.B.S. MAUBEUGE  
CURAGE INDUSTRIEL DE GONESSE  
VILLE DE LORIENT  
SOCIETE NET HYGIENE CANNES  
CAHUZAC PARIS  
SOBEP JURANCON  
DACQUOISE  
LATERINI  
SAFEGE (SLEE)  
E.A.V. ECQUEVILLY  
SARP PARIS

# SOBEA

SOCEA-BALENCY

Siège social : 280, avenue Napoléon-Bonaparte  
92506 RUEIL-MALMAISON  
Tél. : (1) 749.03.30 – Télex RUENT 203978

## BATIMENTS

publics et privés ; logements, hôpitaux, écoles, bureaux, usines, entrepôts

## CANALISATIONS

eau, assainissement, irrigation, gaz, pétrole, etc

## ENVIRONNEMENT

traitement et récupération des résidus urbains,  
traitement, épuration des eaux

## GENIE CIVIL

ouvrages d'art, ponts, ports, barrages,  
réservoirs, collecteurs souterrains, parkings

## GESTION DE TOUS SERVICES

collectifs, publics et privés

## ENTREPRISE GENERALE

30 implantations permanentes en France métropolitaine et D.O.M. 25 implantations permanentes à travers le monde : Europe, Proche et Moyen-Orient, Afrique, Amérique, Asie.

# micalfat

produit de garnissage  
des joints et fissures

**SCR**

CHIMIQUE DE LA ROUTE

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



**UNIC PAC:  
CONSTRUITS COMME DES ENGIN  
DE TRAVAUX PUBLICS.**

Un choix complet de modèles : 6 x 6, 6 x 4,  
4 x 4 et 4 x 2. Des moteurs  
à la technologie  
éprouvée: de gros  
six cylindres de  
225 ou 285 ch  
SAE, refroidis  
par eau.



**UNIC S.A.**

**SUCCURSALE DE STRASBOURG**

208, route de Colmar - Tél. : (88) 39.99.08  
67023 STRASBOURG CÉDEX

**UNIC**

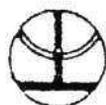


**BOURDIN  
&  
CHAUSSE**

**ROUTES  
AUTOROUTES  
VOIRIE  
RÉSEAUX DIVERS**

40 centres de travaux en  
FRANCE et à l'ÉTRANGER

Siège social  
35, rue de l'Ouche-Buron - 44300 Nantes  
Tél. : (40) 49.26.08  
Direction générale  
36, rue de l'Ancienne-Mairie - 92100 Boulogne  
Tél. : 605.78.90



**TRAPIL**

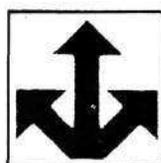
Société d'Economie Mixte

**Département Foncier  
et Domanial**

183, rue de Javel **75015 PARIS**  
Tél. : 842.74.00

**ASSISTANCE AUX OPÉRATIONS  
FONCIÈRES**

Acquisitions de terrains  
Constructions de servitudes  
Conduites d'eau et d'assainissement  
Protection des captages d'eau potable  
Autoroutes - Routes  
Ouvrages linéaires



**SCAC  
MATÉRIAUX**

BOIS - PANNEAUX - MENUISERIES - ISOLATION  
COUVERTURE - GROS OEUVRE  
QUINCAILLERIE - T.P.  
REVETEMENTS sols et murs - CHEMINEES

Z.I de ST-GREGOIRE — **RENNES**  
Tél. : 38.10.11

Z.I. Rte DE LORIENT — **RENNES**  
Tél. : 59.42.24

dépôts à :  
**PLOERMEL — GUER — BEDEE — PLECHATEL**

**ESSOLUBE XD-3 EXTRA,  
50.000 KM SANS VIDANGER.**



à St-Etienne une entreprise dynamique



terrassements généraux, bâtiments industriels, ouvrages d'art, réseaux divers, démolitions, voirie

**GRANDS TRAVAUX DU FOREZ**

B.P. 97 - Rue Florent-Evrard - 42010 ST-ETIENNE - Tél. : (77) 57.09.90

**dirigeants**

**F 200.000 à  
F 1.000.000 +**

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'Etranger, plus de 300 postes par an correspondant à votre niveau et publiés en **EXCLUSIVITE** dans "I.C.A. Executive Search Newsletter".

Vous devez savoir que 80% au moins des recherches de Dirigeants dont la rémunération moyenne atteint FF 350.000 **NE SONT PAS PUBLIEES 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 NUMEROS/AN FF 600**

AUTRES PAYS TARIF SUR DEMANDE

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

3, rue d'Hauteville - 75010 Paris - France  
Tél. 824.83.45

\* SPECIMEN GRATUIT SUR DEMANDE

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

**I.C.A.** International Classified Advertising  
NEW YORK PARIS



**forclum**

société de force et lumière électrique

**Centre d'Affaires Paris Nord Bât. Ampère n° 1  
93153 LE BLANC-MESNIL CEDEX - Tél. : 865.42.41**

**TOUTES INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES  
TOUTES PUISSANCES**

**Chauffage - Climatisation - Énergie solaire**

ÉQUIPEMENT D'USINES, DE CENTRALES  
ET DE POSTE DE TRANSFORMATION  
IMMEUBLES DE BUREAUX ET D'HABITATION  
HOPITAUX - UNIVERSITÉS - ÉQUIPEMENTS SPORTIFS  
ÉCLAIRAGE PUBLIC - RÉSEAUX DE DISTRIBUTION  
TABLEAUX - CONTRÔLE - RÉGULATION  
AUTOMATISME - TÉLÉCOMMANDE - BASES VIE

Quelques réalisations récentes d'usines de traitement de l'eau :  
- Gestion centralisée du réseau d'eau de la communauté urbaine de Bordeaux  
- Usine de décarbonatation de Villeneuve-la-Garenne  
- Usine de traitement de la ville du Pecq

**Directions Régionales, Agences et Centres**  
PARIS - SAINT-DENIS - NANTERRE - BORDEAUX - LILLE  
LAVAL - RIYAD - NIAMEY - AMMAN  
BAGHDAD - OUAGADOUGOU

## **La validité des Brevets "Terre Armée" est confirmée à l'issue d'un Procès en Grande-Bretagne**

A l'issue d'un procès en contrefaçon opposant en Grande-Bretagne l'inventeur français, Henri Vidal, et la Société "Reinforced Earth Co Ltd" à un concurrent, "Soil Structures Ltd", le jugement rendu par la Haute Cour (Chambre des Brevets) de Londres le 18 décembre 1981 a confirmé la validité des brevets de M. Vidal et établi que les ouvrages proposés et construits par Soil Structures Ltd constituaient une contrefaçon.

Le brevet de base de M. Vidal protège le principe de la Terre Armée tandis que son second brevet concerne les écailles préfabriquées en béton qui constituent le parement des ouvrages.

Dans les dix dernières années, 5000 ouvrages en Terre Armée, représentant 2.500.000 m<sup>2</sup> de parement, ont été construits dans le monde entier.

La société "Soil Structures Ltd" a été fondée par Derrick Price, ancien employé de "Reinforced Earth Co Ltd", et a développé un système analogue utilisant des armatures en plastique.

Au cours du procès, Soil Structures Ltd a contesté la validité des brevets de M. Vidal, affirmant que le principe de la Terre Armée était bien connu des ingénieurs. Il a essayé de justifier cette opinion par les travaux d'un certain nombre d'ingénieurs et notamment par ceux d'André Coyne consacrés au mur échelle.

Le juge Whitford n'a pas retenu cette thèse. *"Je pense que même un esprit préorienté, et disposant de toutes les connaissances appropriées pourrait à peine commencer à détecter dans Coyne les ouvrages proposés dans le brevet de M. Vidal. Les attaques des défenseurs contre la validité de ce brevet sont, à mon avis, dénuées de tout fondement."* (\*)

Le juge a également trouvé que les panneaux en forme de T, utilisés par Soil Structures Ltd en parement et présentant de nombreuses similitudes avec les écailles de M. Vidal, constituaient une contrefaçon de son second brevet.

Le tribunal a rendu un jugement contre "Soil Structures Ltd" lui interdisant toute nouvelle contrefaçon des deux brevets et a enjoint à cette société "de ne plus préparer d'études techniques de nature à conduire des tiers à d'autres contrefaçons". Le tribunal a ordonné que soit effectuée une évaluation des dommages et Soil Structures Ltd a été condamné à en payer le montant, ainsi que les dépenses du procès.

### **Citation originale du Juge Whitford**

(\*) "In my judgement only an eye of extreme faith assisted by subsequent knowledge would even begin to detect in Coyne the structure proposed in Vidal 1. In my judgement the defendants' attack on validity wholly fails...".

La publicité  
de la Revue

**PCM**

*a été confiée à la Société*

**OFERSOP**

responsable **Monsieur H.-BRAMI**

**8, Boulevard Montmartre 75009 Paris**

**Tél. : 824.93.39**

SOCIÉTÉ ANONYME  
DES ENTREPRISES

**Léon  
BALLOT**

au Capital de 42 500 000 F

**TRAVAUX  
PUBLICS**

155, boulevard Haussmann,  
75008 PARIS



**CANALISATIONS  
EAU-GAZ  
ASSAINISSEMENT  
IRRIGATION**

**Pour Collectivités et Lotissements**

Siège : rue de La Rochelle - BP 1

**L'Houmeau - 17137 NIEUL-SUR-MER**

Agence : 127, Bd de la Paix - BP 589

**64010 PAU CEDEX**

**L'ASSAINISSEMENT  
de DEMAIN  
HYDRAULIQUE DES EAUX  
PLUVIALES ET USEES**

- Détermination des concentrations et des flux.
- Evolution des rejets.
- Assainissement autonome et assainissement collectif.
- Impact sur le milieu naturel

**XVII<sup>e</sup> JOURNEES  
DE L'HYDRAULIQUE  
14-15-16 Septembre 1982**

organisées à l'Ecole Nationale  
Supérieure de Mécanique à Nantes.

par la  
**SOCIETE HYDROTECHNIQUE de FRANCE**  
199, rue de Grenelle 75007 PARIS  
Tél. (1) 705.13.37

**DEMANDE D'INFORMATION**

*Je demande à recevoir le programme et  
les modalités d'inscription aux  
**XVII<sup>e</sup> JOURNES DE L'HYDRAULIQUE.***

Nom : .....

Adresse : .....

Bulletin à adresser à :

**SOCIETE HYDROTECHNIQUE DE FRANCE**  
199, rue de Grenelle 75007 PARIS

# BUREAU VERITAS

Fondé en 1828

Le **BUREAU VERITAS** est une Société Internationale de Classification et de Contrôle qui est spécialisée dans le contrôle technique sous toutes ses formes.

Le **BUREAU VERITAS** peut intervenir dans tous les pays industriels du monde et travaille en toute indépendance en vue de la Sécurité des matériels et des ouvrages.

Les contrôles qu'il effectue sur les navires, sur les aéronefs, sur les constructions immobilières, dans les usines, ont pour but de vérifier la conformité des ouvrages.

- soit avec des Conventions internationales — • soit avec des Réglementations nationales
- soit avec ses propres Règlements

Ses interventions font l'objet de reconnaissance ou d'agrément de la part de plus de 80 gouvernements.

Pensez à commander votre :

## REGISTRE AÉRONAUTIQUE INTERNATIONAL 1982

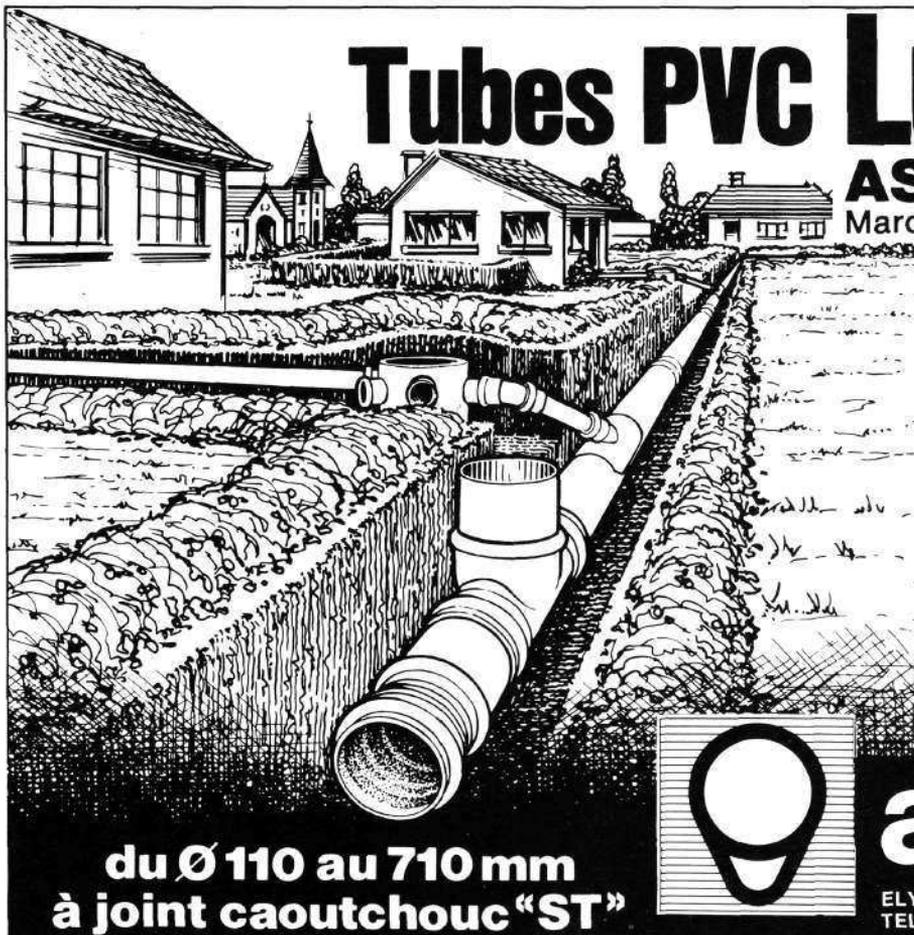
Prix : 1058,40 F pour la France

Publié conjointement avec le Bureau Veritas, la Civil Aviation Authority  
et le Registro Aeronautico Italiano

L'ouvrage donne la liste des aéronefs immatriculés dans 38 pays pour certains desquels l'un des trois Organismes ci-dessus est chargé du Contrôle de la navigabilité

SIEGE SOCIAL : 31, rue Henri-Rochefort  
75821 Paris Cedex 17  
Tél. : 766.51.05

SERVICE 2, avenue Hoche, 75008 Paris  
AÉRONAUTIQUE : Tél. : 227.88.10  
Télex : 290226 Veritas Paris



# Tubes PVC Lucosanit

## ASSAINISSEMENT

Marque SP n° 94 et 95 Norme 16352

- ETANCHEITE
- RESISTANCE A L'AGRESSION
- IDEALEMENT LISSE
- MISE EN ŒUVRE FACILE
- MOINDRE COUT

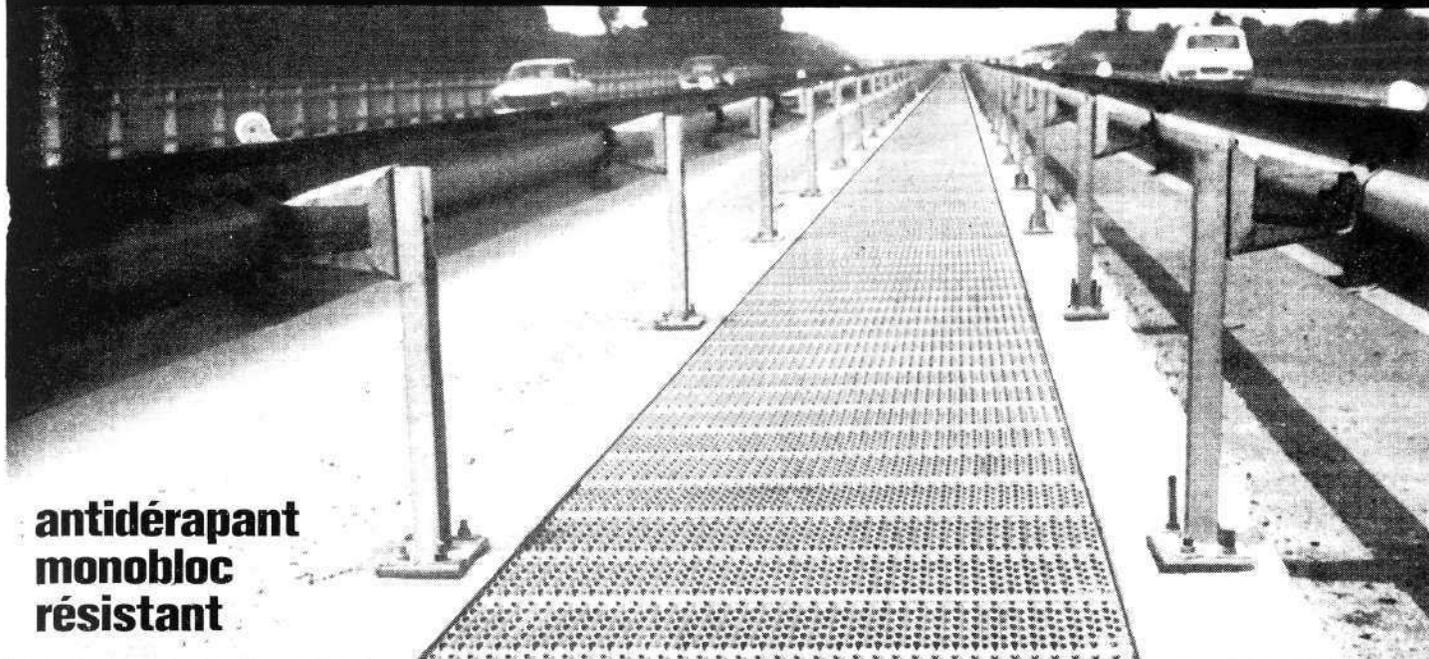


# armosig

du Ø 110 au 710 mm  
à joint caoutchouc "ST"

ELYSEE 2 - BP 2 - 78170 LA CELLE-SAINT-CLOUD  
TEL. 918.92.00

# "STEPBLOC" un caillebotis SECURITE



**antidérapant  
monobloc  
résistant**

Demandez nos notices Z 303 et Z 312 à **KRIEG et ZIVY** industries

10. AVENUE DESCARTES - BOITE POSTALE 74  
92350 - LE PLESSIS - ROBINSON - TEL. 630. 23. 83  
TELEX : ZEDKA 270328 F

pyc publicite

**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 , BRAZZAVILLE

## **LE SPECIALISTE DES MALADIES DU BETON ARME ET DES MAÇONNERIES**

- *Réparation et consolidation d'ouvrages d'art en béton ou en maçonnerie*
- *Travaux souterrains*
- *Soutènement de parois rocheuses*
- *Réparations après incendie*
- *Boulonnage - Injections*
- *Mise en œuvre de résine*
- *Rejointement projeté*

Agence Rhône-Alpes  
17, rue Ampère  
69680 CHASSIEU  
Tél. : (7) 890.24.84  
Télex : 310 164



## \*l'eau... c'est la vie!

- Adduction et distribution d'eau potable.
- Réseaux d'assainissement.
- Eaux agricoles et industrielles.
- Captages, forages et sondages.
- Traitement de l'eau potable.
- Génie civil et ouvrages spéciaux.
- Fonçages horizontaux.
- Entretien et gestion des réseaux.
- Pipe-lines et feeders.

sade



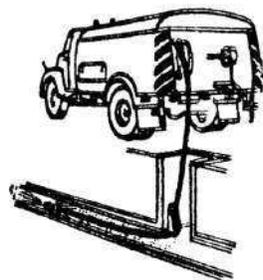
Compagnie générale  
de travaux d'hydraulique

28, rue de La Baume, 75364 Paris Cedex 08  
Téléphone : 563.12.34

**ENTREPRISE DE VIDANGE**  
CURAGE — ASSAINISSEMENT

**Désiré D'HOUDETOT**

7, rue Cauvel-de-Beauvillé  
80500 MONTDIDIER  
Téléphone : (22) 78.05.81



**ENTRETIEN D'EGOUT**



Dégorgement de  
canalisations  
Décapage tous  
Réservoirs

ETUDES · PROJETS · DEVIS

**BALAYEUSES POUR CONSTRUCTION**  
ET ENTRETIEN DES ROUTES

**SALEUSES**  
**SABLEUSES**  
POUR ENTRETIEN HIVERNAL

**LEBON & Cie**

2, rue Courmont - B.P. 37  
59008 LILLE CEDEX

Tél. **(20) 52.41.66**



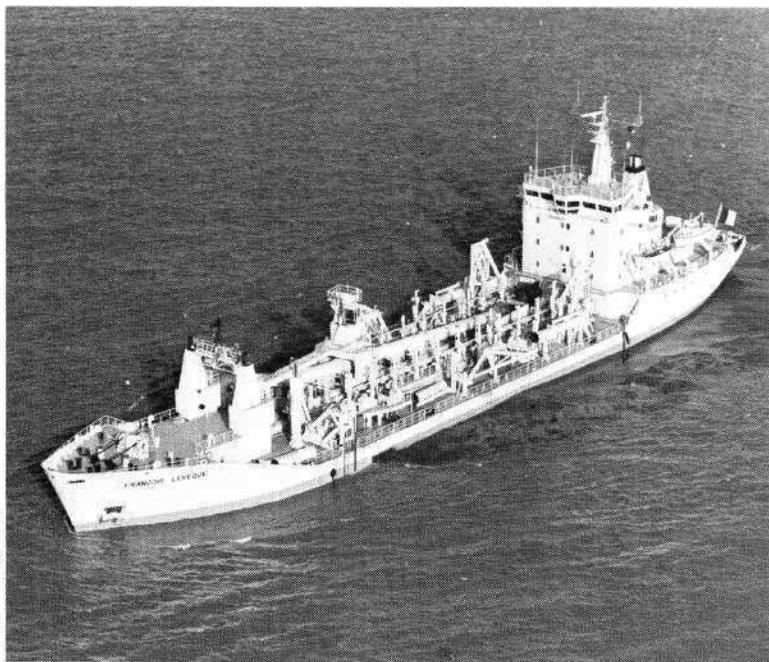
**SAUR**

*donne à l'eau  
une nouvelle  
jeunesse*

eau potable  
irrigation - assainissement  
collecte et traitement  
des ordures ménagères

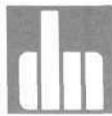
**SOCIÉTÉ D'AMÉNAGEMENT URBAIN ET RURAL**

Siège Social : 50-56, rue de la Procession - 75015 PARIS  
Tél. : 539.22.60 - Télex : 202 090 F  
16 Directions Régionales en France



**FRANÇOIS LEVEQUE**  
 Drague suceuse  
 porteuse pour  
 le port autonome  
 de Bordeaux.

**LE CHANTIER  
 POUR NAVIRES  
 SPÉCIAUX :**  
 Car ferries.  
 Transport de  
 produits  
 chimiques.  
 Navires rouliers.  
 Cargos réfrigérés.  
 Dragues porteuses  
 et stationnaires.  
 Porte-conteneurs.



**DUBIGEON-NORMANDIE S.A.**

15 bd de l'Amiral-Bruix, 75116 Paris  
 Télex 612 921 F Dubinor. Téléphone (1) 502.12.20

Photo : Dupuisson

## QUEL TYPE DE DRAGUE POUR L'EXTRACTION EN MER DES GRANULATS ?

Jusqu'à ce jour, l'extraction des granulats marins (sables et graviers) était effectuée par de nombreux artisans ou "pêcheurs de sable" tout le long des côtes de Bretagne et de l'Atlantique ou en rivière comme par exemple en Loire à l'aide de dragues simples et rustiques, résultant le plus souvent de l'adaptation sur des petits caboteurs ou des chalands acquis en seconde main des petits outils nécessaires au dragage, grues et bennes ou moto-pompes et leur tuyautage d'aspiration rigide. L'investissement était faible et pouvait se faire facilement au plan artisanal.

Du fait de l'épuisement des sites ainsi exploités ou des conséquences de ces dragages sur l'environnement, destruction de berges, disparition de plages, influences néfastes sur le milieu marin, une carte des nouveaux gisements à exploiter a été dressée à la suite d'une prospection du C.N.E.X.O. et du B.R.G.M. tout le long des côtes françaises. Mais ces nouveaux gisements sont situés à des distances de 10 à 15 miles des côtes donc en mer ouverte et à des profondeurs de 30 à 50 m. Les engins simples et rustiques utilisés auparavant sur des sites protégés ne pourront plus être utilisés sur ces nouveaux gisements en mer. Quelles caractéristiques devront avoir les nouvelles dragues des "pêcheurs de sable" ?

— La puissance de leur appareil de propulsion devra permettre **une vitesse suffisante** pour les longs parcours entre lieux de dragage et lieux de déchargement à terre.

— Le type "**suceuse porteuse en marche**" sera choisi de préférence à la drague à bennes qui travaille mal par mer houleuse.

— Le tuyautage d'aspiration sera de grande longueur capable d'atteindre à 45° d'inclinaison des profondeurs de 30 à 35 m. Il sera **souple, articulé**, muni d'une **suspension élastique** pour le travail par houle, relevable et rentrable sur le pont. Les treuils de relevage seront dimensionnés en conséquence.

— La longueur de la drague devra permettre d'allonger ce tuyautage sur le pont, elle sera donc fonction de la profondeur de dragage et la capacité du puits sera proportionnelle à la longueur (pour 30 m - L = 60 m, capacité 600 m<sup>3</sup>).

— Pour aspirer à 30 m, la **puissance de pompage sera importante** et pour des profondeurs supérieures, la pompe devra être immergée sur la tuyauterie d'aspiration et conduite par moteur électrique.

La nouvelle drague du "pêcheur de sable" devra donc être nettement plus grande, plus puissante, plus sophistiquée que les engins rustiques utilisés auparavant. **L'investissement sera sensiblement plus élevé.** Les artisans intéressés le savent bien et déjà se regroupent pour faire face à ces nouvelles exigences.

# SOCIÉTÉ DES EAUX DE MARSEILLE

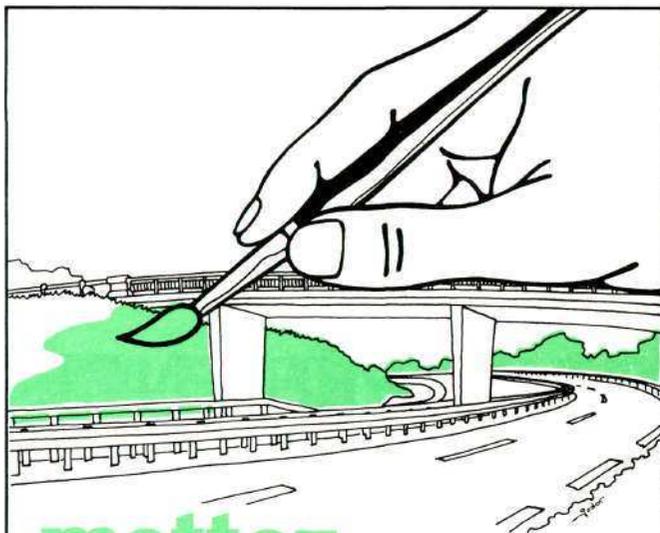
la première  
entreprise régionale  
pour la distribution d'eau  
et l'assainissement

conseils techniques  
prestations de services  
affermages



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

CONCEPTION SDF GASSIS



## mettez une touche de vert dans le décor..

# BIOVERT

*un procédé d'engazonnement efficace  
sur sols stériles ou sans terre végétale...*

### PRINCIPE

Ce procédé consiste à installer dans la couche superficielle du sol des colonies microbiennes. Celles-ci dégradent les matières organiques qui donnent aux plantes les solutions minérales dont elles peuvent se nourrir. Les végétaux peuvent alors se développer, leurs racines fouillent le sol, l'aèrent, puis se décomposent en donnant naissance à l'humus qui caractérise les terres végétales.

### UTILISATIONS

Biovert peut s'appliquer à tous les cas, s'il s'agit d'implanter rapidement une végétation :

- talus de routes et bas-côtés,
- terre-plein central d'autoroutes,
- digue de retenue,
- dunes et sables,
- pistes de ski,
- décharges publiques, etc...

**SOCIÉTÉ SOTEV/BIOVERT - TEL. (80) 34.34.95  
R.N. 74 - DIJON-BEAUNE - 21220 FIXIN**



# BIOVERT



LES MAISONS DU BONHEUR

**30 ANNEES D'EXPERIENCE  
A VOTRE SERVICE.**

**Programme de construction 1981 :**

PAVILLONS	APPARTEMENTS
JURY	MONTIGNY-CENTRE
REMILLY	METZ - ROUTE DE THIONVILLE
METZ-GRIGY	METZ-VALLIERES
WOIPPY	
MARLY	



"Le Clos du Pré" à JURY

Renseignements au siège

GRUPEMENT D'ETUDES ET DE CONSTRUCTION MOSELLAN  
9, rue Pouglin, B.P. 66, Montigny-Centre 57026, Tel. (8) 763.26.13



**30 ans de contrôle**

**L'EXPERIENCE MISE AU SERVICE  
DE LA QUALITE**

...

MARQUE NF-CTB PORTES PLANES Ⓢ 01-07

MARQUE CTBF (Produits de préservation du bois)

MARQUE NF-CTB Parquets en bois feuillus durs Ⓢ 01-04

MARQUE CTB Parquets et lambris en pin maritime Ⓢ 05-03

MARQUE CTB-P Panneaux de particules Ⓢ 05-01

MARQUE CTB-H Panneaux de particules Ⓢ 05-01

MARQUE NF CONTREPLAQUÉS Ⓢ 01-06

MARQUE NF-RÉACTION AU FEU

MARQUE CTB-CI Charpentes industrialisées Ⓢ 05-02

MARQUE CTB-FENÊTRES

AGREMENT PROFESSIONNEL "CTB-Applications"

AGRÉMENT CTB des STATIONS

MARQUE CTB SCIAGE

MARQUE NF MEUBLE

MARQUE NF SIÈGE

MARQUE NF CUISINE-SALLE D'EAU

...



**CENTRE TECHNIQUE DU BOIS**

10, av de Saint-Mandé — 75012 PARIS

☎ (1) 344.06.20 — Télex : 220064 F ETRAV EXT 9520

Présent à EXPOBOIS STAND B 115

# L'Assainissement urbain et les automatismes thème de recherche et d'action

par François VALIRON — Professeur à l'ENPC  
Président de SOFREP

L'assainissement des villes et des villages a pour objet d'évacuer, après usage, les eaux amenées pour couvrir les besoins des habitants et de leurs activités économiques ainsi que les eaux de pluie du périmètre urbain, afin d'éviter toute submersion et tout inconvénient sanitaire sans créer de perturbation en qualité comme en quantité dans le milieu récepteur.

Cet article ne traitera pas des progrès actuels dans le traitement des effluents dont le lecteur pourra prendre connaissance par ailleurs dans cette revue, mais des problèmes qui se posent au niveau de la collecte et des moyens les plus récents pour rendre celle-ci plus efficace et moins onéreuse.

## 1 — Les raisons hydrauliques du coût élevé des réseaux

Les investissements globaux qui sont en jeu, sont en effet très importants : plus de

Grand collecteur en Région Parisienne (Photo STU).





*Bassin d'orage en Virginie bien intégré dans l'urbanisme, on distingue des juncos qui contribuent à réduire la pollution des eaux de ruissellement. (Photo J. Cheron).*

2 500 F par habitant pour les eaux vannes et les eaux de pluie dont plus de 80 % pour la collecte, le traitement y compris celui éventuel, des eaux pluviales ne dépassant pas 500 F/habitant ; le coût du réseau peut même aller au-delà des 2 000 F moyens, si la topographie et la densité de l'habitat ne sont pas favorables (photo 1).

Le retard pris en France dans la collecte des effluents (50 % non collecté) est encore plus important dans la maîtrise des eaux pluviales. L'effort à faire pour le résorber dépasse 30 milliards de francs 1980, auquel il faut ajouter 0,6 milliard de francs par an pour l'équipement des extensions nécessitées par la forte croissance de l'urbanisation.

Ces coûts sont très élevés car le système d'évacuation s'intéresse à des eaux usées qui ont des flux assez réguliers, et à des eaux pluviales dont les volumes sont très aléatoires et comportent des pointes considérables. Les diamètres nécessaires sont

donc importants alors que les tuyaux sont souvent vides ou peu remplis.

Certes des stockages pour ralentir les flux pluviaux ou des déversoirs d'orage permettent de réduire les diamètres et d'améliorer la rentabilité, mais les gains restent limités sans une gestion instantanée des stocks, ou encore ils sont compensés par les inconvénients pour l'environnement de déversements polluants imprévisibles.

On conçoit donc qu'une connaissance instantanée des niveaux et de leur vitesse d'évolution puisse permettre d'agir judicieusement sur les stockages dans les bassins ou même dans certaines sections de tuyaux pour utiliser au maximum la capacité d'évacuation aval. Un contrôle centralisé, maintenant assez courant dans les réseaux d'alimentation en eau, paraît pouvoir ajouter, aux avantages qu'il y apporte en économie de personnel et en sécurité qu'on retrouvera dans l'assainissement, une augmentation de la capacité d'évacua-

tion à diamètre égal, c'est-à-dire une économie globale qui peut être importante.

Malgré ces avantages, la réalisation de tels projets est encore rare en 1981 ; car les réseaux d'assainissement se sont créés de façon fragmentaire, d'abord dans le centre des villes en unitaire, puis dans la périphérie en séparatif, au gré des besoins les plus criants et souvent sans plan d'ensemble.

Dans le domaine du contrôle centralisé, seuls existent en France des embryons et des expérimentations préliminaires (Ville de Paris, Bordeaux, Val-de-Marne) et quelques réalisations efficaces et prometteuses comme dans la Seine-Saint-Denis ou les Hauts-de-Seine. Aux USA par contre, des réalisations marquantes dans certaines villes ont mis en relief un gain important dans l'investissement lorsque la décision de mettre en place un contrôle centralisé a été prise dès la conception du réseau (photo 2).

## II — Le fonctionnement du réseau et sa modélisation

Un réseau d'assainissement collecte séparément ou unitairement les eaux usées et les eaux de pluie à l'amont et chez les usagers, puis les transporte après un stockage éventuel et un déversement direct du surplus avant de les transférer à une ou plusieurs stations de traitement qui les rejettent enfin au milieu naturel.

L'alimentation du réseau provient à l'amont des eaux de ruissellement et localement des usagers avec leurs eaux usées et leurs eaux de pluie tombant sur les bâtiments et les espaces alentours. Les flux en volume qui en résultent peuvent être décrits par des modèles hydrologiques assez bien au point. Par contre, les flux en qualité sont moins connus, sauf pour les eaux usées.

On bute enfin sur l'extrême difficulté de la prévision qu'on remplace par la recherche de flux maximaux liés à la connaissance statistique des intempéries et à l'acceptation de risque de débordement et d'inondation.

La prise de données instantanées sur l'intensité pluviométrique peut alimenter un modèle hydrologique simplifié et permettre une comparaison avec des épisodes pluvieux connus et déjà enregistrés et fournir des indications précieuses sur les flux initiaux et futurs qui arriveront au réseau. Il apparaît que cet outil sera d'autant plus performant au fur et à mesure qu'on aura engrangé davantage d'épisodes pluvieux passés.

Ces flux amont alimentent le réseau avec son chevelu de canalisation, les bassins tampons, les déversoirs d'orages éventuels et les tuyaux d'évacuation vers les installations de traitement. Là aussi des modèles spécifiques opérationnels ont été construits par diverses instances comme le STU ainsi que différents bureaux d'études. Ces programmes comme Hydrog-Ligneau de SAFEGE permettent de simuler dans le temps, le fonctionnement du réseau (niveau, débits en tous points à chaque instant), lorsque sont connus les hyétogrammes.

Il apparaît souvent que l'optimum de gestion du réseau en cas de pluie est de chercher à saturer en permanence les collecteurs aval, c'est-à-dire de chercher à remplir les retenues d'étalement le plus lente-

ment possible et à les vider le plus vite possible (après une pluie en particulier). Bien entendu, il faut réserver dans les collecteurs aval la débitance dont ils ont besoin pour évacuer la pluie tombée sur leurs bassins propres. Pour cela, il faut à chaque instant prévoir les débits à écouler, en fonction des renseignements transmis par les pluviographes (la notion de temps de concentration intervenant alors), et des statistiques d'épisodes pluvieux qu'on a enregistrés (photo 3).

Même si le calculateur central que l'on retient pour ce travail est du type mini-ordinateur — car il paraît difficile de travailler en temps réel avec des micro-calculateurs sur un système aussi complexe — il est possible d'utiliser les modèles en temps réel. Évidemment ces modèles en temps différé garderont leur intérêt pour la simulation :

- d'épisodes pluvieux connus et enregistrés dans le système de collecteurs actuels, en recherchant la gestion des retenues qui conduit à l'écoulement optimal dans les collecteurs aval,
- de pluies de projet types, pour le dimensionnement des nouveaux collecteurs.

## III — Le contrôle centralisé en assainissement et ses problèmes

Comme tous systèmes de contrôle, quatre niveaux sont à prévoir :

- la prise des données des paramètres physiques et chimiques grâce à des capteurs et à des traitements sur place avec des micro-calculateurs et des automates ;
- la transmission des capteurs vers l'ordinateur central, puis de cet ordinateur vers les organes de commande ;
- les traitements ainsi que l'élaboration des consignes et des ordres dans l'ordinateur central ;
- l'action sur les organes de commande : vannes motorisées, barrages et déversoirs mobiles, pompes, etc...

Un tel système fait donc appel à un éventail technique très ouvert : hydrologie, hydraulique, électromécanique, électronique, automatismes, instrumentation, informatique, télétransmission. Plusieurs de ces aspects sont difficiles à maîtriser théoriquement, d'autres font l'objet d'évolutions technologiques très rapides.

Quatre composantes sont essentielles :

- la connaissance des réseaux d'assainissement : savoir-faire de l'exploitant ;

- la modélisation des systèmes : hydrologie, hydraulique et informatique en temps réel ;
- l'instrumentation : les mesures des paramètres physiques (pour les débits d'orages) ou chimiques (pour la pollution) ;
- les technologies des systèmes : automates, mini-ordinateur, télétransmissions.

Pour l'architecture du système, il faut tenir compte des deux objectifs à différencier : la gestion du réseau par temps d'orage (inondations) et par temps sec (pollution).

- La première demande des traitements rapides de l'information (pluies, niveaux), des automates décentralisés capables de fonctionner intelligemment en cas de rupture des transmissions ; dans le même esprit, elle exclut les télécommandes au profit des téléconsignes.
- La deuxième s'appuiera sur un plus grand nombre d'informations : pluies, niveaux, pollution, afin d'optimiser le fonctionnement des stations d'épuration et de réduire l'incidence d'une pollution accidentelle sur le milieu naturel.

Quels sont dans ce système complexe les points délicats spécifiques à l'assainissement qui posent problèmes et empêchent l'utilisation systématique de ce moyen moderne de gestion ?

1. D'une façon générale, les capteurs en milieu pollué tant pour les eaux usées que pour les eaux pluviales, sont délicats. Si les capteurs de niveau donnent en général satisfaction et permettent en les couplant d'avoir une mesure de la vitesse et donc du débit, les capteurs à cellule détectant la qualité (pH, Turbidité, O<sub>2</sub>, etc...) ne sont pas fiables à cause des dépôts. De plus on ne dispose pas de capteurs simples pour de nombreux paramètres de pollution ; il faut utiliser des corrélations entre les paramètres aisés à mesurer et ceux qui ne le sont pas ; mais beaucoup de celles-ci ne sont pas connues. L'obstacle principal à lever se situe donc à ce niveau et c'est là que les études les plus utiles sont nécessaires.

2. Les problèmes de transmission par câble ou par radio sont identiques à ceux rencontrés dans d'autres réseaux et peuvent être largement simplifiés avec des traitements sur place utilisant les micro-calculateurs et les automates limitant les transmissions aux éléments essentiels au traitement final pour la gestion et la commande.

3. La mise au point des organes de contrôle, notamment des déversoirs réglables ou des barrages gonflables ou autres permettant d'utiliser la capacité de stockage de certaines sections de conduite.

Tous les autres éléments du système de contrôle peuvent utiliser des ensembles existants, à condition de bien les choisir et de bien les combiner.

4. La simplification des modèles pour leur utilisation en temps réel constitue également un problème important, car il est susceptible de résoudre le difficile problème de la prévision (cf. § II).



Bassin d'orage à Marne-la-Vallée (Photo STU), on distingue au premier plan le déversoir.

#### IV — Les recherches en cours et les espérances

L'importance de l'enjeu, "Mieux utiliser les réseaux et en abaisser le coût grâce à l'automatisation" a été ressentie depuis relativement peu en France, où l'objectif prioritaire de la décennie 1970 avait été d'épurer pour préserver le milieu naturel. Mais cette nécessité apparaît maintenant en pleine lumière avec l'effort décidé par les pouvoirs publics de mieux remplir les stations et d'évacuer les eaux pluviales.

Parmi les organismes les plus actifs dans les recherches en cours dans ce domaine, on peut citer le STU, le CERGRENE et le Groupe de la Lyonnaise des Eaux.

Le Service Technique de l'Urbanisme (STU) et quelques DDE se sont attaqués au problème depuis 4 ou 5 ans, comme il a été indiqué au début de cet article, mais l'effort s'est accru depuis 1980 grâce à l'appui de

certaines Agences de bassin et de crédits départementaux : il porte actuellement sur l'amélioration des connaissances de base, l'examen des expériences étrangères, notamment américaines, sur l'étude des bassins de retenue et sur des réalisations pilotes à la Ville de Paris, dans les Hauts-de-Seine, les Communautés Urbaines de Bordeaux et de Nancy qui viennent compléter l'expérience de la Seine-Saint-Denis.

Le Centre d'Études et de Recherches de la Gestion des Ressources Naturelles et de l'Environnement (CERGRENE) attaché à l'École Nationale des Ponts et Chaussées, étudie avec son Département "Mesures et Automatismes de Gestion", sur les collecteurs de l'Orge dans l'Essonne, plusieurs postes de contrôle de mesure et de commande. Il participe également à la mise au point de capteurs, notamment d'une sonde thermométrique.

Enfin plus récemment, le Groupe de la Lyonnaise des Eaux (SLEE) a confié à SOFREP le lancement d'un programme de recherche d'une durée de 2 ans visant à faire progresser la méthodologie de la gestion centralisée des réseaux. Opérant sur des cas concrets, à Bordeaux notamment

et sur des réseaux de grandes villes en cours d'étude. Ce programme prévoit comme objectif final de déterminer les économies possibles accompagnant la création d'une gestion centralisée. Il développera des études approfondies sur les capteurs les mieux adaptés, sur la simplification et l'adaptation des modèles hydrologiques et de réseaux aux mini-ordinateurs, ainsi que sur la gestion optimisée des bassins d'orage et des déversoirs.

La création dans le cadre de cette recherche d'un comité scientifique associant le STU, le CERGRENE et la DDE de la Seine-Saint-Denis devrait permettre, en évitant les doubles emplois, de progresser rapidement et de pouvoir apporter aux Maîtres d'Ouvrages et aux services départementaux ou communaux, les solutions les meilleures et toutes les précisions sur les gains possibles en investissement comme en fonctionnement.

Des retombées notables de cet effort devraient également pouvoir être obtenues à l'Étranger où, comme en France, l'équipement systématique des villes en réseaux d'assainissement est appelé à suivre la réalisation de l'alimentation en eau.

1982

# ANNUAIRE DES PONTS ET CHAUSSÉES

INGÉNIEURS DU CORPS - INGÉNIEURS CIVILS

Téléphone : 280.25.33

Téléphone : 280.34.13

**ÉCOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSÉES**

28, RUE DES SAINTS-PÈRES - PARIS 7<sup>e</sup>

Les Ingénieurs des Ponts et Chaussées jouent, par vocation, un rôle éminent dans l'ensemble des Services du Ministère de l'Équipement.

Ils assument également des fonctions importantes dans les autres Administrations, et dans les organismes du Secteur Public, Parapublic et du Secteur Privé, pour tout ce qui touche à l'Équipement du Territoire.

En outre, dans tous les domaines des Travaux Publics (Entreprises, Bureaux d'Études et d'Ingénieurs Conseils, de Contrôle) les Ingénieurs Civils de l'École Nationale des Ponts et Chaussées occupent des postes de grande responsabilité.

C'est dire que l'annuaire qu'éditent conjointement les deux Associations représente un outil de travail indispensable.

Vous pouvez vous procurer l'édition 1982 qui vient de sortir, en utilisant l'imprimé ci-contre.

Nous nous attacherons à vous donner immédiatement satisfaction.



## **BON DE COMMANDE**

à adresser à

**OFERSOP — 8, bd Montmartre, 75009 PARIS**

### **CONDITIONS DE VENTE**

Prix .....	270,00 F
T.V.A. 17,60 .....	47,50 F
Frais d'expédition en sus .....	25,00 F

- règlement ci-joint, réf. : .....
- règlement dès réception facture.

Veillez m'expédier ..... annuaire(s) des Ingénieurs des Ponts et Chaussées dans les meilleurs délais, avec le mode d'expédition suivant :

- expédition sur Paris
- expédition dans les Départements
- expédition en Urgent
- par Avion

# L'alimentation en eau de Riyadh une application de l'Osmose Inverse

par Yves COUSQUER,  
Directeur de l'Exportation Degrémont

Riyadh, capitale du royaume d'Arabie Saoudite, connaît une expansion très rapide. En peu d'années, elle a atteint le million d'habitants. Ses quartiers nouveaux à l'habitat dispersé, séparés par de grandes étendues libres, s'étaient dans ce qui était il y a peu d'années encore, le désert. La croissance démographique, jointe à l'élévation du niveau de vie, engendre des besoins en eau considérables, particulièrement difficiles et coûteux à satisfaire.

Étant donné la très faible pluviométrie de la région, il n'existe pratiquement pas de possibilité d'alimentation par des eaux de surface. Les premières ressources qui furent celles provenant de forages superficiels dans la nappe alluviale du Wadi Hanifa, puis de forages moyens dans la nappe du Wadi Nisah, se montrèrent rapidement insuffisantes. Aussi le Ministère de l'Agriculture et de l'Eau, responsable de la gestion de cette denrée rare qu'est l'eau en Arabie, dut-il assurer l'alimentation de Riyadh par une série de forages profonds dans des nappes fossiles situées entre 1200 et 1500 mètres de profondeur, qui produisent des eaux saumâtres et chaudes. Ces différentes eaux étaient envoyées par pompage sur trois installations de traitement : Manfouha, Malez et Shemessy. Mais la production maximale de 140 000 m<sup>3</sup> par jour ne permettait pas de répondre à la pointe estivale et la salinité résiduelle de 1200 mg/l de l'eau distribuée après un traitement classique (décarbonatation suivie de filtration) rendait son usage désagréable, avec une teneur en sels dépassant de beaucoup la norme de 500 mg/l définie par l'Organisation Mondiale de la Santé.

En 1975, le Ministère de l'Agriculture et de l'Eau, assisté par un Ingénieur Conseil suédois, la société VBB, lança un concours international entre spécialistes de traitement d'eau. L'objectif était d'une part d'accroître de plus de 100 000 m<sup>3</sup>/jour le débit distribué sur la ville, d'autre part de fournir, à partir des installations existantes, une eau ayant au maximum 500 mg/l de salinité.

Grâce à l'emploi de la technique très évoluée du dessalement par Osmose Inverse,

précédé d'un prétraitement spécialement adapté aux eaux très particulières provenant de nappes fossiles, la société Degrémont a gagné ce concours et s'est vu confier pour un montant total de 625 millions de francs :

- l'équipement complémentaire en osmose inverse des trois usines existantes de Manfouha I, Malez et Shemessy
- le doublement de Manfouha I par Manfouha II (50 000 m<sup>3</sup>/j)
- la construction d'une nouvelle usine, en plein désert, à 50 kilomètres de Riyadh - Salbukh dont la capacité de 60 000 m<sup>3</sup>/jour en fait à ce jour la plus grande unité de traitement d'eau saumâtre en fonctionnement dans le monde
- l'exploitation pendant cinq ans de ces usines.

Avant de décrire l'installation de Salbukh, il est utile de présenter les principes de l'osmose inverse et de souligner l'importance du prétraitement de l'eau avant son passage sur les membranes osmotiques.

## L'osmose inverse, technique nouvelle

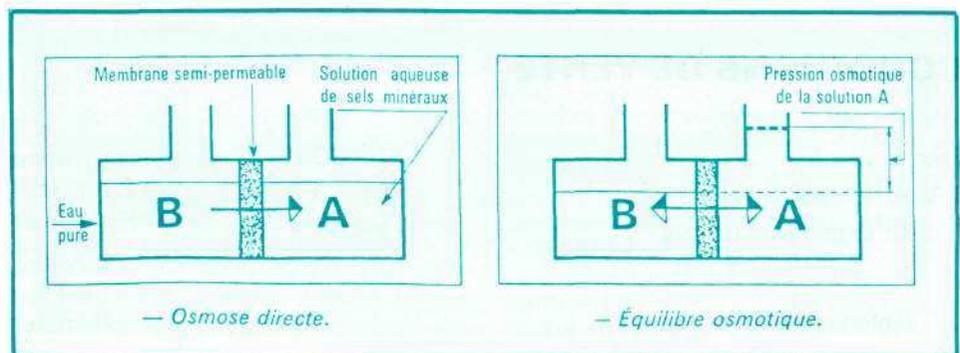
Le phénomène physique à l'origine du procédé est connu depuis le siècle dernier, où Van't Hoff détermina ses lois. Quand une membrane semi-perméable (perméable aux solvants, imperméable aux solutés) sépare

deux liquides : eau pure d'un côté, eau saline de l'autre, l'eau pure migre à travers la membrane pour tenter d'équilibrer les concentrations de part et d'autre et élève le niveau de la solution saline. Ce phénomène, l'osmose, s'arrête lorsque la pression salée atteint une pression, dite osmotique, fonction de la différence des concentrations.

L'osmose inverse consiste à appliquer à la solution salée une pression supérieure à sa pression osmotique, pour faire passer l'eau de la solution la plus concentrée à la moins concentrée. La membrane retient alors la presque totalité des sels minéraux dissous.

Si ce phénomène est connu depuis longtemps avec des membranes biologiques (la vessie de porc, par exemple) les premières membranes semi-perméables de synthèse datent seulement de 1961, où une équipe de l'Université de Californie mit au point une membrane à base d'acétate de cellulose.

A partir de cette découverte, il a fallu environ une dizaine d'années pour mettre au point les modules industriels que nous utilisons aujourd'hui, puis une nouvelle décennie pour permettre un développement spectaculaire dans la taille des unités de dessalement utilisant ce procédé. On est ainsi passé de 100 m<sup>3</sup>/h en 1972 puis 700 m<sup>3</sup>/h en 1976 aux États-Unis, enfin 1900 m<sup>3</sup>/h à Salbukh en 1979.



# Les membranes et les modules industriels utilisés en osmose inverse

Ce développement a été pour l'instant particulièrement remarquable dans deux domaines :

- d'abord le traitement d'eau en vue de l'obtention d'eaux "ultrapures" nécessaires pour alimenter certaines industries de pointe telles que celles des composants électroniques, du nucléaire, de la pharmacie, des chaudières haute pression
- puis, pour la production d'eau potable à partir d'eaux saumâtres.

Deux explications ont conduit à ce développement :

— ce procédé est devenu très compétitif dès l'année 1970 dans une large gamme de salinité (1 à 10 g/l) vis-à-vis des autres procédés de déminéralisation ou de dessalement tels que : l'électrodialyse ou l'échange d'ions

— en plus, la qualité d'eau obtenue est meilleure ; en effet, l'osmose inverse est le seul procédé d'épuration où l'on utilise l'eau qui a diffusé à travers la membrane, ce qui permet d'éliminer non seulement les sels, mais également la plupart des molécules organiques dissoutes ainsi que la totalité des matières en suspension même les plus fines telles que : bactéries, virus, silice colloïdale...

## Le prétraitement, clé du succès

Il est fondamental pour l'économie du procédé. Il s'agit d'empêcher, sur les membranes, le dépôt de sels insolubles ou de colloïdes, ce qui conditionne la durée de vie des modules, ou leur période de régénération.

Le processus d'osmose étant une concentration, il faut s'assurer que, à la concentration choisie pour le rejet, aucun sel ne peut se déposer. Les mesures à prendre dépendent de l'analyse de l'eau et du taux de conversion choisi.

La prévention des dépôts de carbonate et de sulfate de calcium relève de procédés classiques. Les problèmes sont plus complexes pour les autres sels susceptibles de précipiter, car les techniques d'élimination des ions gênants, comme la silice, sont moins simples.

Si les membranes assurent un arrêt parfait des colloïdes, ceux-ci rétrodiffusent plus difficilement que les ions dans la solution concentrée, à cause de leur faible mobilité, et tendent à s'agglomérer le long de la membrane, qu'ils colmatent plus ou moins vite selon leur nature, leur taille et leur charge électrique. Il faut donc éliminer les colloïdes par des processus de clarification et de filtration donnant une eau de haute pureté colloïdale.

Il y a ainsi une grande variété de traitements à mettre en œuvre. Seuls une solide connaissance des différents types d'eau et des essais sur place, permettent d'optimi-

*On connaît maintenant plusieurs polymères ayant de bonnes propriétés de perméabilité, mais il faut pour qu'une membrane soit industriellement intéressante qu'elle ait en même temps :*

— *un bon débit par unité de surface, grâce à une couche semi-perméable très fine (inférieure à 1 micron).*

— *une bonne résistance mécanique pour ne pas s'écraser sous les pressions utilisées (25 à 35 Bars pour les eaux saumâtres - 50 à 70 Bars pour les eaux de mer) ; ce critère conduit à supporter la couche semi-perméable par une structure perméable plus épaisse résistant à la pression.*

— *une bonne résistance chimique permettant de travailler dans une gamme de pH assez large, en particulier lors des nettoyages quand il faut éliminer de la surface de la membrane les dépôts qui s'y sont accumulés.*

*Après avoir testé systématiquement les diverses membranes mises au point par les industriels de la chimie, Degremont a choisi, dans de nombreux projets, d'utiliser des membranes en polyamide aromatique de Dupont de Nemours, constituées par des fibres cylindriques creuses, de 80 microns de diamètre extérieur et 40 microns de diamètre intérieur.*

*Ces membranes doivent être mises sous forme de modules, c'est-à-dire disposées en une surface aussi importante que possible à l'intérieur d'une enveloppe résistant à la pression.*

*A l'intérieur du module sous pression, plusieurs centaines de milliers de fibres sont disposées en U. L'eau brute entre sous pression à l'intérieur du module par l'intermédiaire d'un tube poreux distributeur de flux situé dans l'axe du module et qui dessert toute la longueur de celui-ci. L'eau est distribuée radialement à partir de ce tube poreux central (voir figure ci-dessous).*

*Sous l'effet de la pression, l'eau pure traverse les fibres, s'écoule à l'intérieur du canal central, traverse une plaque époxy d'étanchéité qui supporte les extrémités libres des fibres et est évacuée hors du module par l'intermédiaire d'un disque poreux qui permet de drainer l'eau pure.*

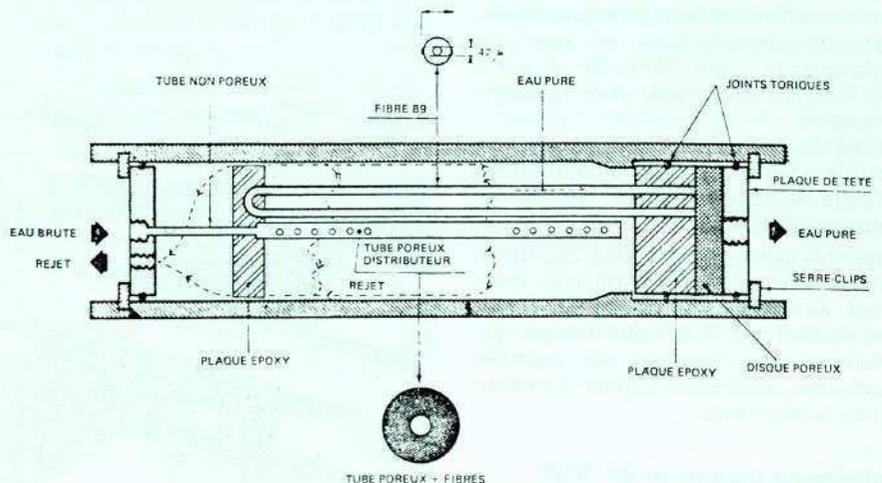
*Le rejet concentré qui représente en fin de traitement 10 à 25 % du débit entrant, est recueilli à l'extérieur du paquet de fibres avant d'être évacué par un orifice situé du même côté que l'arrivée d'eau à traiter.*

*L'étanchéité de l'enveloppe extérieure est obtenue par la mise en place aux extrémités de deux plaques de tête en fibre de verre époxy avec joints toriques que maintiennent deux serre-clips en acier inoxydable.*

*Différents modules sont fabriqués à partir de deux membranes disponibles dites :*

— *B9 : membrane adaptée au dessalement des eaux saumâtres (1 - 10 g/l) pression normale de travail 28 Bars.*

— *B10 : membrane adaptée au dessalement de l'eau de mer (15 - 45 g/l) pression normale de travail 50 - 70 Bars.*



ser les chaînes de prétraitement et donc de garantir un fonctionnement satisfaisant des installations d'osmose inverse.

## L'installation de Salbukh

Cette nouvelle station est située à 50 kilomètres au nord de Riyadh. Elle est alimentée par 16 forages puisant l'eau dans une nappe située à 1400 mètres de profondeur. La température de l'eau en sortie de forage est comprise entre 56 et 62° C. Son analyse figure dans le tableau ci-après :

rejets de l'installation, les différents sels de l'eau brute seront concentrés dix fois. Sans action préventive, les modules seraient entartrés en quelques jours par précipitation du carbonate de calcium, du sulfate de calcium, des oxydes de fer et de la silice ou des silicates mixtes que fait apparaître l'analyse de l'eau.

Le prétraitement consiste essentiellement en une décarbonatation à la chaux, avec adoucissement partiel au carbonate de calcium, et désiliciage à froid par aluminat de sodium. Cette précipitation des ions indésirables est effectuée dans six turbocirculateurs, grands ouvrages en béton de 14 m de diamètre et d'environ 10 m de hau-

teur, où se décantent, après précipitation, les bicarbonates et carbonates de calcium et la silice. Les boues produites à raison de 40 m<sup>3</sup>/h sont concentrées dans un épaisseur de 8 mètres de diamètre, puis rejetées dans une lagune d'évaporation.

Le pH de l'eau décarbonatée est ajusté à pH 7 pour précipiter l'aluminium en excès avant filtration.

Comme il faut par ailleurs éviter l'apport de trop de particules qui seraient plaquées sur la membrane par le flux d'eau traversant celle-ci, trois filtrations successives de l'eau sont nécessaires pour obtenir la propreté physique recherchée (meilleure que la plupart des eaux potables distribuées) : deux

	Valeurs prévues (design)			Valeurs observées après 2 ans de fonctionnement (octobre 1981)		
	Eau brute refroidie	Eau osmosée	Eau potable (après mél.)	Eau brute refroidie	Eau prétraitée	Eau osmosée
- Salinité totale (mg/l)	1470	< 200	< 500	1520	1320	67
- TH (° F)	62,5	2,7	< 25	71	18	< 1
- HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	195	12	61	201	18,3	1
- Ca <sup>++</sup> (mg/l)	170	1,8	44	176	20	14,6
- Mg <sup>++</sup> (mg/l)	48	5,4	16	67	31	0,6
- Na <sup>+</sup> (mg/l)	220	58	100	210	368	20,5
- Cl <sup>-</sup> (mg/l)	300	45	82	298	301	25,5
- SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> (mg/l)	500	47	160	499	518	8
- SiO <sub>2</sub> (mg/l)	25	2	10	28	10	1,8
- Fe (mg/l)	2,5	< 0,05	< 0,2	2,5	< 0,05	< 0,02
- Turbidité (UJ)	20 à 50	< 0,1	< 0,2	50	< 0,1	< 0,05

Les tours de refroidissement et les six turbocirculations.

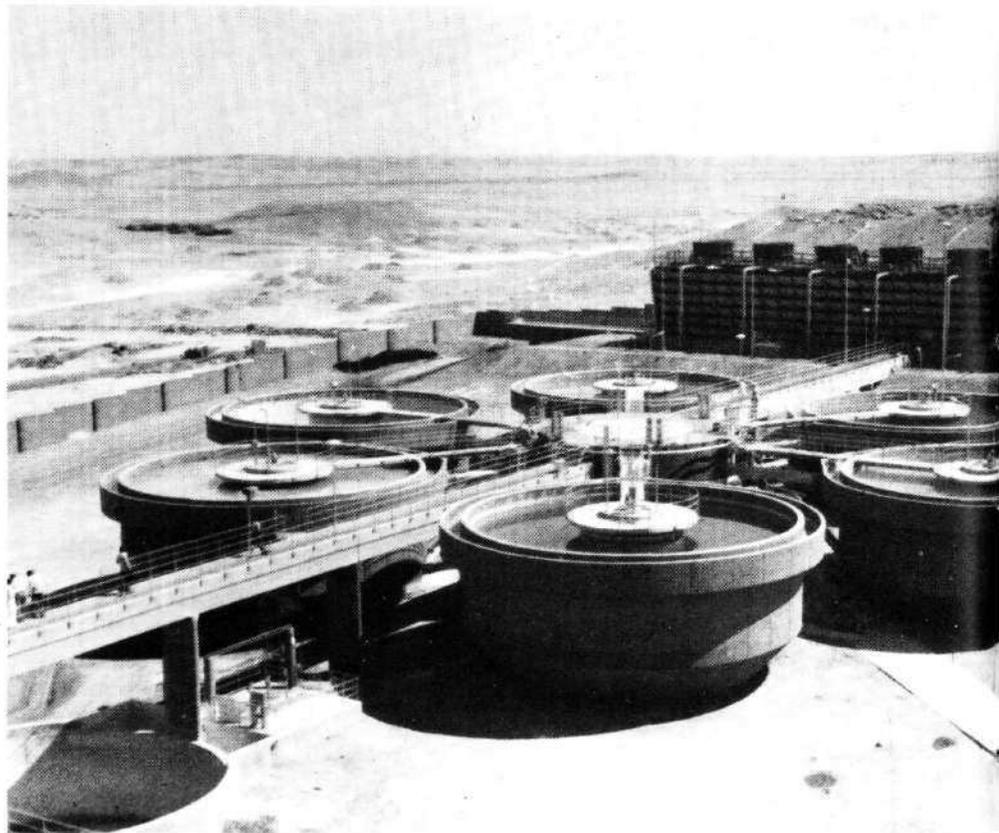
Comme le montre ce tableau, qui rappelle les données sur lesquelles a été conçue l'installation, l'eau brute étant de salinité moyenne, l'eau osmosée a une salinité inférieure à 200 ppm, donc très en deçà de la norme OMS de 500 ppm. Aussi, pour limiter les investissements, ne dessale-t-on qu'une partie du débit nécessaire, mélangée ensuite avec de l'eau juste potabilisée. La station comporte donc, en aval d'un refroidissement entre 30 et 35° C sur 8 tours à ventilation forcée, deux lignes de traitement :

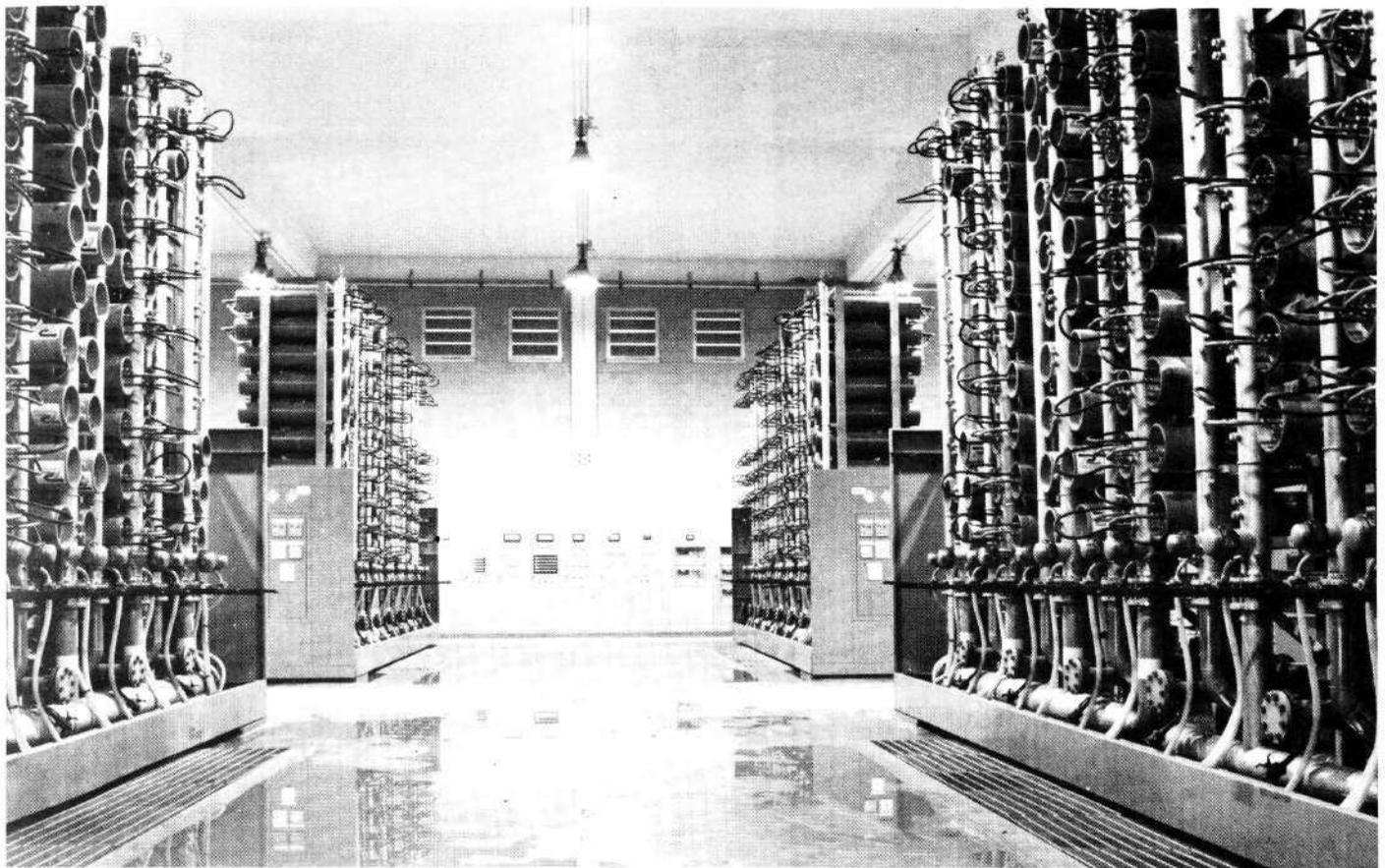
- l'une de potabilisation de type classique (floculation sur filtre) au débit de 610 m<sup>3</sup>/h
- l'autre de déminéralisation par osmose inverse au débit de 1920 m<sup>3</sup>/h.

L'ensemble délivre, depuis 1979, 2530 m<sup>3</sup>/h d'eau potable obtenus à partir d'un débit entrant de 2880 m<sup>3</sup>/h, avec des pertes d'eau limitées à 12 % du débit entrant conformément aux directives des autorités saoudiennes, soucieuses de tirer le meilleur parti de la ressource.

### La chaîne de traitement du débit principal par osmose inverse

La limitation des pertes en eau a conduit à un taux de conversion de l'osmose inverse de 90 %. Ce taux signifie que, dans les





Les blocs de modules d'osmose inverse

Cliché Degrémont

filtres à sable en série avec une granulométrie décroissante, suivie d'une microfiltration sur cartouches (porosité 5 microns).

Entre les filtres à sable et la microfiltration, une injection d'acide sulfurique pour réduire la teneur en bicarbonate de calcium, et une solution de polyphosphates pour éviter le dépôt de sulfate de calcium le long des membranes parachèvent le pré-traitement.

Ceci obtenu et d'une manière parfaitement fiable, on peut alimenter les systèmes d'osmose, sous une pression de 30 Bars, par l'intermédiaire de 6 pompes, dont une en secours, d'un débit unitaire de 450 m<sup>3</sup>/h.

L'unité d'osmose est organisée en 5 lignes parallèles autonomes, assurant une grande souplesse d'exploitation, constituées chacune de 2 blocs pouvant contenir 140 modules fibres creuses. Ces modules sont répartis en trois étages en série, dont les taux de conversion sont respectivement 58 %, 55 % et 46 % (le rejet de chaque étage alimentant le suivant).

Chacune de ces lignes produit environ 400 m<sup>3</sup>/h d'une eau dont la qualité est donnée en colonne 6 du tableau n° 2 : salinité de 67 ppm, après 24 mois de fonctionnement contre 200 ppm garantis (la photo n° 1 montre deux de ces lignes, soit quatre blocs).

Le rejet du traitement est envoyé, après concentration dans la lagune d'évaporation. Les modules sont nettoyés tous les six mois à l'acide citrique ammoniacé. Comme les modules doivent être maintenus à des températures inférieures à 40° C, le bâtiment de l'osmose inverse a dû être climatisé, car l'été la température atteint 55° C.

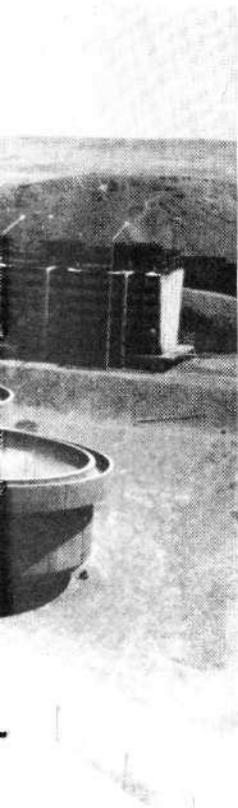
#### Le prétraitement direct de potabilisation

Une simple coagulation sur filtres est mise en œuvre, étant donné la relative pureté de l'eau des forages en ce qui concerne les matières en suspension. La filtration s'effectue sur deux batteries de filtres en série, accolés aux filtres de la chaîne de prétraitement de l'eau osmosée.

L'eau issue de ces deux étages de filtration est envoyée directement dans une chambre où s'effectue le mélange avec l'eau déminéralisée par osmose inverse et où sont injectés du carbonate de sodium, pour ajuster à 7,7 environ le pH de l'eau, et du chlore pour la désinfection.

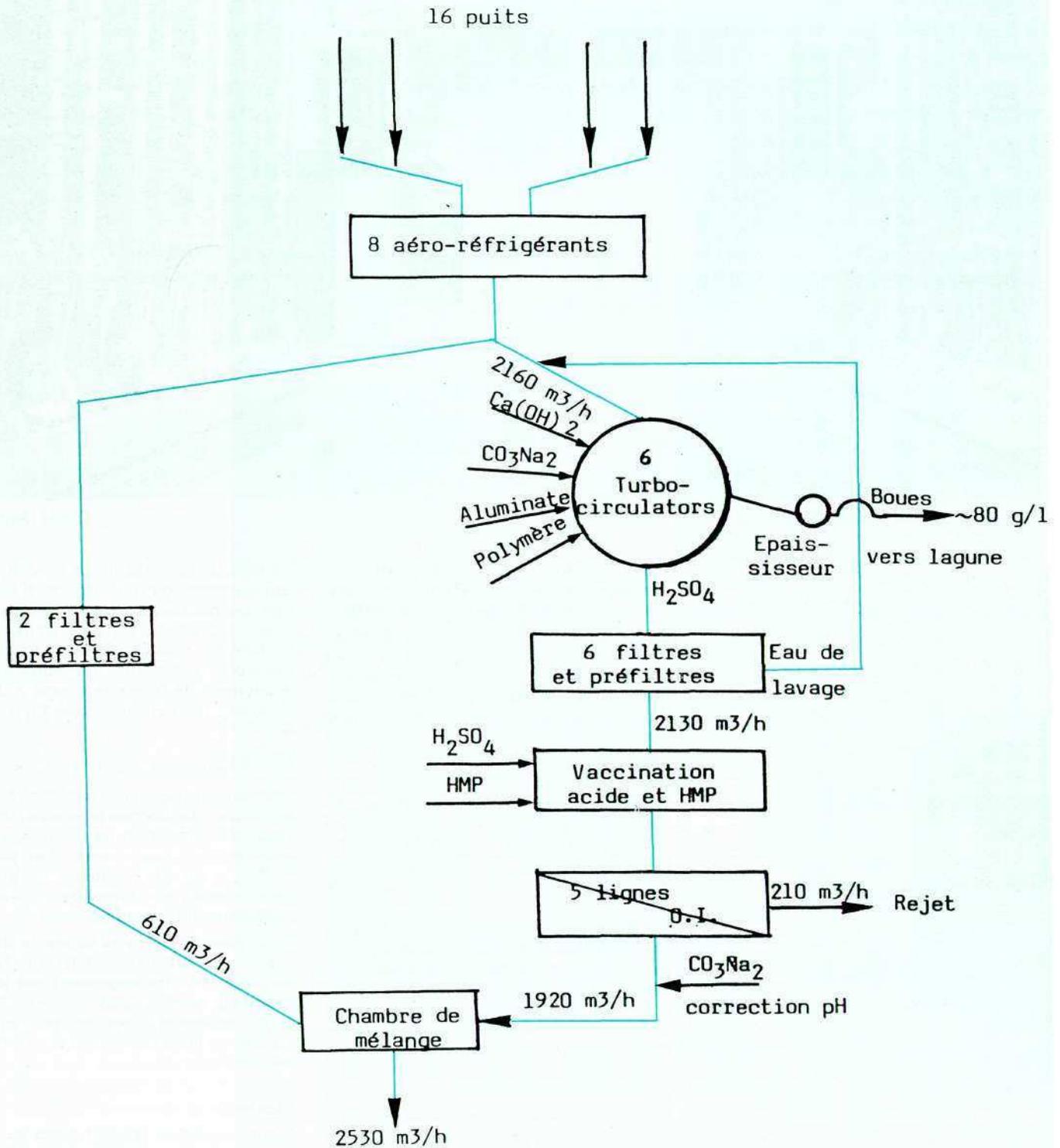
#### Stockage et annexes

Cette installation prenant place au milieu des sables dans une zone parfaitement désertique, il a fallu, outre les équipements de traitement déjà décrits, construire les silos et magasins de stockage de réactifs, un réservoir en béton de stockage de l'eau



Cliché Degrémont

SCHEMA 3 DE FONCTIONNEMENT AU DEBIT NOMINAL



produite d'une capacité de 20 000 m<sup>3</sup> (Ø 56 m), ainsi qu'un village pour le personnel d'exploitation et surtout une centrale Diesel (7 groupes de 3 MW dont 2 en secours) permettant la fourniture de l'énergie nécessaire aux pompes d'exhaure des puits, au traitement et à la station de refoulement vers Riyadh (50 km). Une ligne de 13,8 KV d'une longueur de 45 km environ alimente les pompes d'exhaure des puits.

## Le fonctionnement

Aujourd'hui, où nous allons entamer la dernière des cinq années de maintenance prévues à notre contrat, où l'installation de Salbukh a délivré à la ville de Riyadh plus de 70 millions de m<sup>3</sup> d'eau potable dessalée et l'ensemble des installations que nous avons réalisées, plus de 200 millions de m<sup>3</sup> d'eau partiellement adoucie et décarbonatée, nous pouvons mesurer le bon fonctionnement de ces installations.

Un fonctionnement qui associe des personnels de Degrémont aux techniciens locaux de la Régie des Eaux de Riyadh, un fonctionnement qui se caractérise surtout par une surveillance de tous les instants, en tous lieux.

Des équipes dotées de voitures avec radiotéléphone contrôlent la bonne marche des puits d'alimentation répartis dans un cercle de quinze kilomètres autour du poste de contrôle central.

L'approvisionnement en réactifs des différentes installations de prétraitement ne pose que des problèmes simples, d'organisation surtout.

L'instrumentation très complète du poste d'osmose inverse permet au chef de quart d'avoir à tout moment sous les yeux les renseignements nécessaires à la marche de l'installation. Contrôle et prélèvement systématiques d'échantillons aux points clés de l'installation, que ce soit pendant le prétraitement ou dans l'osmose inverse, permettent d'alerter les opérateurs et, si nécessaire, d'arrêter l'osmose au cas où les paramètres des phénomènes chimiques ou physiques dévièrent de la consigne et risqueraient de nuire aux membranes.

Les problèmes de maintenance, en particulier ceux de la centrale électrique de 21 MW, sont eux plus classiques...

A l'heure, qui approche, du bilan et de la clôture des comptes, les difficultés de l'œuvre se balancent avec la référence d'une première mondiale réussie.

Degrémont a dû en effet tout à la fois surmonter la défaillance en cours de chantier de son associé saoudien et de son partenaire chargé du génie civil, s'accommoder des exigences toujours très rigoureuses, jusqu'à l'excès parfois, du maître d'œuvre, lutter contre le climat (ainsi les fortes températures de l'été saoudien ont-elles nécessité de couler le béton en utilisant de l'eau refroidie), l'éloignement et le dépaysement

de ce désert austère. En une trentaine de mois, en employant près de 700 personnes à la période de pointe du chantier, grâce à un travail d'équipe acharné, Degrémont a mené à bien la réalisation exceptionnelle qu'est Salbukh, ainsi que les autres installations de Manfouha, Shemessy et Malez citées au début de l'article.

Grâce à ce bel exemple de réalisation "clé en main" et ses très nombreuses références dans le traitement de l'eau, Degrémont est universellement reconnu aujourd'hui comme un spécialiste de l'osmose inverse, dont les perspectives prometteuses fourniront notre conclusion.

## L'avenir de l'osmose inverse

Outre le dessalement des eaux saumâtres, trois nouveaux domaines d'application offrent à l'osmose de nouveaux débouchés :

- le dessalement des eaux de mer
- le recyclage des eaux usées
- les concentrations industrielles.

Dans le domaine du **dessalement de l'eau de mer**, deux facteurs améliorent progressivement la compétitivité de l'osmose vis-à-vis de la distillation :

- d'une part, la mise au point de nouvelles membranes résistant à des hautes pressions (60 à 80 Bars).

Ce développement est d'ores et déjà en cours, puisqu'on compte une dizaine de stations avec des débits supérieurs à 1000 m<sup>3</sup>/j et plusieurs centaines avec des débits plus faibles.

— d'autre part, le renchérissement de l'énergie ; en effet, la distillation utilise des quantités d'énergie beaucoup plus importantes par m<sup>3</sup> traité. Alors que le procédé de distillation le plus performant, la compression de vapeur, utilise classiquement de 18 à 25 kW/m<sup>3</sup> d'eau produite, l'osmose inverse n'en utilise que 7, si l'on prend soin de récupérer l'énergie contenue dans le rejet de saumure en le détendant dans une turbine.

Dans le domaine du **recyclage des eaux usées**, les propriétés qu'ont les membranes de rejeter non seulement des sels, mais aussi des produits organiques dissous (polluants résiduels), permettent pratiquement de produire une eau potable à partir d'eaux résiduaires urbaines au sortir d'une station d'épuration conventionnelle. Là aussi, des prétraitements élaborés sont à concevoir, mais d'ores et déjà des projets sont en cours.

Dernier domaine d'application : **les concentrations industrielles** ; là également, l'osmose inverse peut permettre de remplacer les procédés thermiques en économisant de l'énergie. Toutefois, il faut des membranes assez particulières pour traiter des suspensions souvent chargées.

Aussi bien, la concurrence est-elle vive entre les grands industriels de la chimie, américains et japonais surtout, qui inventent et mettent au point les membranes d'osmose inverse du futur. Il appartient au spécialiste du traitement de l'eau que nous sommes de suivre ces innovations, de les éprouver et les sélectionner, avant d'en assurer l'usage industriel, comme nous l'avons fait à Salbukh pour alimenter Riyadh en eau potable.



enlèvement  
et évacuation  
d'ordures ménagères  
et déchets industriels

balayage mécanique  
de la voirie

services réguliers  
de voyageurs et  
location d'autocars

siège social  
174, rue de la République  
92800 puteaux  
téléphone : 778.16.71  
téléc : 613243

# Le traitement des eaux résiduaires urbaines et industrielles

Une technique française à l'étranger : le Biocarboné d'OTV

par F. RELOTIUS, I.P.C. Directeur Général d'O.T.V.

**Résumé :** de nouvelles techniques sont actuellement proposées pour accroître les rendements de l'épuration des eaux usées afin que la qualité de l'effluent traité corresponde aux nouvelles normes des rejets.

La filtration biologique aérée Biocarbonate met en œuvre la fixation des bactéries sur un support minéral spécifique, ce qui accroît les performances épuratoires et conduit à des volumes d'ouvrages réduits. La technologie originale du transfert de l'air à un niveau intermédiaire du lit biologique, permet en outre de réaliser en une seule étape le traitement biologique et la filtration de l'effluent : la décantation secondaire devient inutile.

Ces particularités élargissent les domaines d'application des traitements biologiques : la nitrification-dénitrification est facilitée ; de même le traitement de certains types d'eaux industrielles induisant le bulking sur les stations classiques ; enfin les filières de recyclage sont allégées.

Cette technique, testée pendant de longs mois à la station du Havre, est en service sur plusieurs stations françaises et a donné lieu à la cession de licences aux U.S.A., au Japon.

La préservation de la qualité des ressources en eau nécessite la mise en œuvre de traitements de plus en plus poussés sur les effluents urbains et industriels. La mise en application progressive des nouvelles recommandations concernant les rejets (J.O. du 29.11.1980) prennent en compte l'élimination de l'azote Kjeldahl (organique et ammoniacal), de l'azote nitrique et du phosphore et nécessite une efficacité plus grande concernant l'élimination de la pollution carbonée et des matières en suspension.

Schéma n° 1

## A. Rappel des principes de l'épuration

Les techniques classiques de l'épuration biologique par boues activées visent à reproduire les phénomènes de l'épuration dans le milieu récepteur : l'effluent à traiter est mis au contact de la biomasse épuratrice dans un bassin aéré suivant le schéma 1.

1) Après l'élimination des éléments dont la taille, le pouvoir abrasif ou la masse spécifique risquent de perturber le fonctionnement des ouvrages ultérieurs.

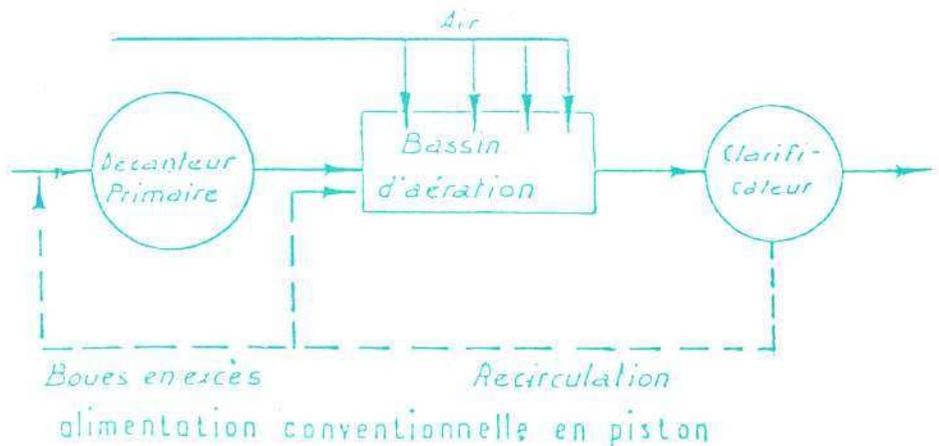
2) La **décantation primaire** permet d'éliminer une part importante des matières en suspension et une fraction de la pollution carbonée et azotée (30 à 35 % de la DCO, DBO et 10 à 20 % de l'azote Kjeldahl NTK).

3) Le **traitement secondaire** réalise une élimination de la charge carbonée et azotée par voie biologique dans un bassin aéré.

4) L'**effluent du bassin aéré** est introduit dans un **décanteur secondaire** qui sépare l'effluent traité de la boue activée. Celle-ci est réintroduite dans le bassin aéré par le jeu d'une recirculation pour maintenir la concentration de la biomasse active (micro-organismes).

L'efficacité d'un procédé d'épuration est liée à l'intensité de l'aération et à la concentration des micro-organismes de la biomasse ; il est donc intéressant d'augmenter la concentration de la biomasse active en s'affranchissant des contraintes de décantation, c'est ce que permettent les cultures de micro-organismes fixées sur un milieu granulaire fin.

## ÉPURATION PAR BOUES ACTIVÉES



Cette fixation de la biomasse peut se faire :

- sur un support fin ( $\varnothing < 1$  mm) mis en fluidisation dans le flux ascendant de l'effluent.

- sur un support minéral de granulométrie plus importante ( $2 \text{ mm} < \varnothing < 10$  mm) immobile et totalement immergé dans le flux descendant de l'effluent.

Alors que la technologie de la fluidisation est délicate, **la très grande simplicité du lit biologique immergé et fixe présente de nombreux avantages** et permet la filière suivante :

- prétraitement classique
- décantation primaire : parfois facultative
- filtre biologique aéré fonctionnant à une charge volumique de 2 à 5 kg de DBO par mètre cube de matériau et par jour avec un temps de contact de 30 minutes à 2 heures, à comparer aux 3 à 15 heures des techniques classiques d'où une diminution considérable du volume des ouvrages.
- suppression du décanteur secondaire.

## B. Description du procédé biocarbone

Le procédé Biocarbone (schéma 2) réalise une circulation en flux descendant de l'eau

à traiter à travers un lit fixe, immergé, au sein duquel est insufflé, à un niveau intermédiaire, de l'air atmosphérique. Le point fondamental est la **superposition d'une zone biologique aérée favorable à l'accrochage bactérien et d'une zone de filtration favorable à la rétention des matières en suspension.**

### 1. Technologie d'un filtre aéré biocarbone

#### 1.1. Le matériau support

Les matériaux utilisables doivent présenter les caractéristiques suivantes :

- grande surface spécifique
- macroporosité importante
- faible densité
- résistance élevée à l'abrasion.

Le charbon actif est un matériau de choix qui possède toutes ces propriétés. L'aptitude à la fixation bactérienne est davantage liée à des fonctions de surface qu'à un degré d'activation. L'absorption d'une micropollution n'est pas le phénomène recherché ; c'est pourquoi une activation poussée n'est pas nécessaire.

Parmi d'autres matériaux présentant des propriétés de surface intéressantes au regard de la fixation des bactéries, figurent des argiles et certains minéraux apparentés à la famille des silicates phylliteux. Nos recherches se sont orientées vers l'utilisa-

tion de ces composés et ont conduit au dépôt de brevets concernant la préparation de produits qui privilégient l'accrochage bactérien et la sélection des micro-organismes (photo 1).

La granulométrie (2 à 5 mm) est adaptée à l'eau à traiter et au niveau de traitement en tenant compte des contraintes contradictoires suivantes :

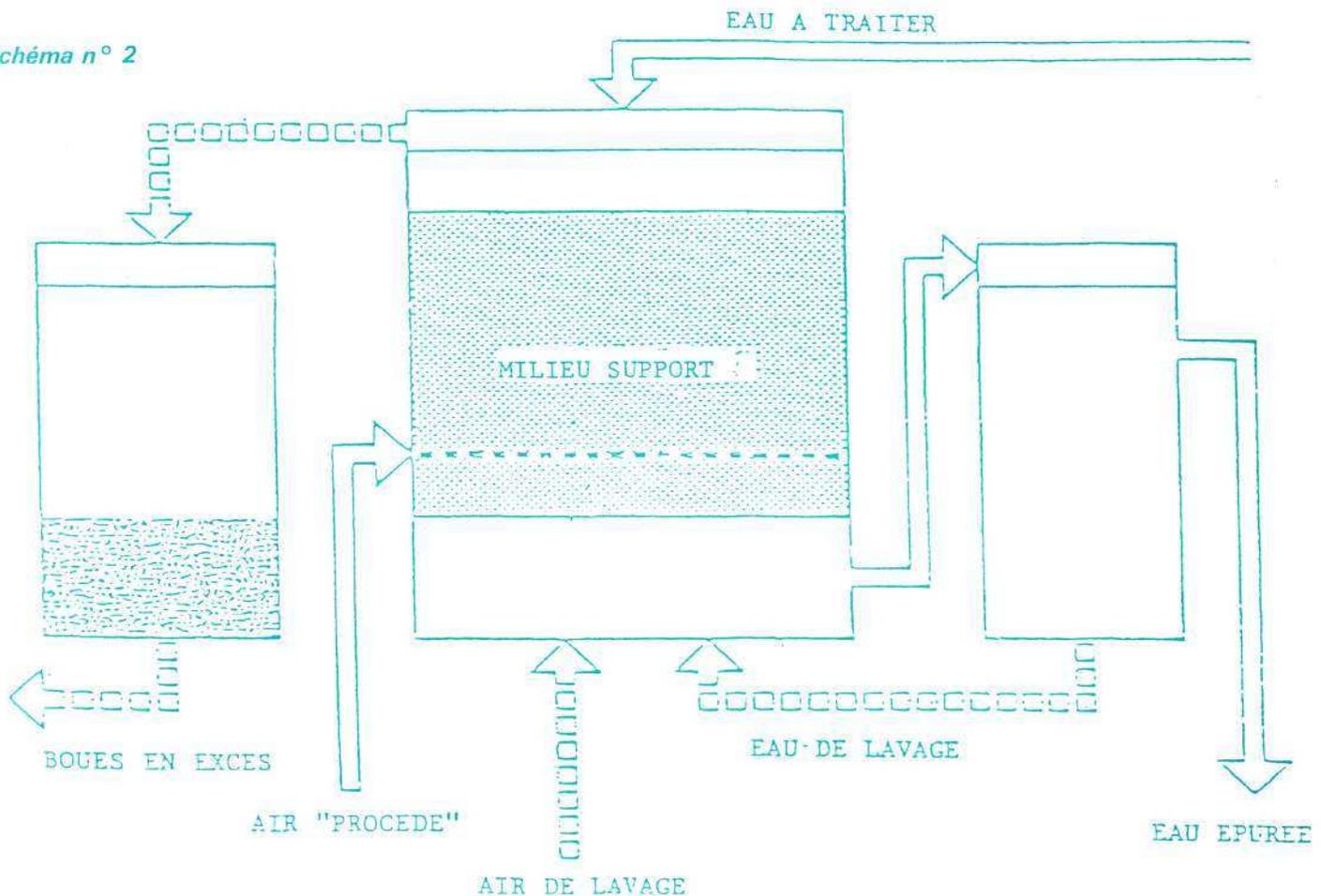
- une granulométrie faible développe une grande surface d'accrochage bactérien et permet un meilleur transfert de l'oxygène dans le film biologique,
- une granulométrie moyenne réduit la fréquence des décolmatages (eaux chargées en matières en suspension).

L'injection d'air à un niveau intermédiaire assure un transfert suffisant de l'oxygène dans la couche aérée, permet la pénétration en profondeur des matières en suspension et leur rétention complète dans la couche non aérée qui joue alors le rôle d'un filtre. Le traitement biologique de la charge carbonée dissoute et la rétention des matières en suspension sont ainsi combinées en une seule étape.

#### 1.2. Elimination de la biomasse en excès

Le filtre se colmate progressivement du fait du développement de la biomasse et la pénétration en profondeur des matières en

Schéma n° 2



suspension. Des lavages périodiques doivent être effectués. Leur fréquence varie selon les charges appliquées.

Les opérations de décolmatage, déclenchées soit par une horloge, soit par une sonde de niveau, se déroulent de la façon suivante :

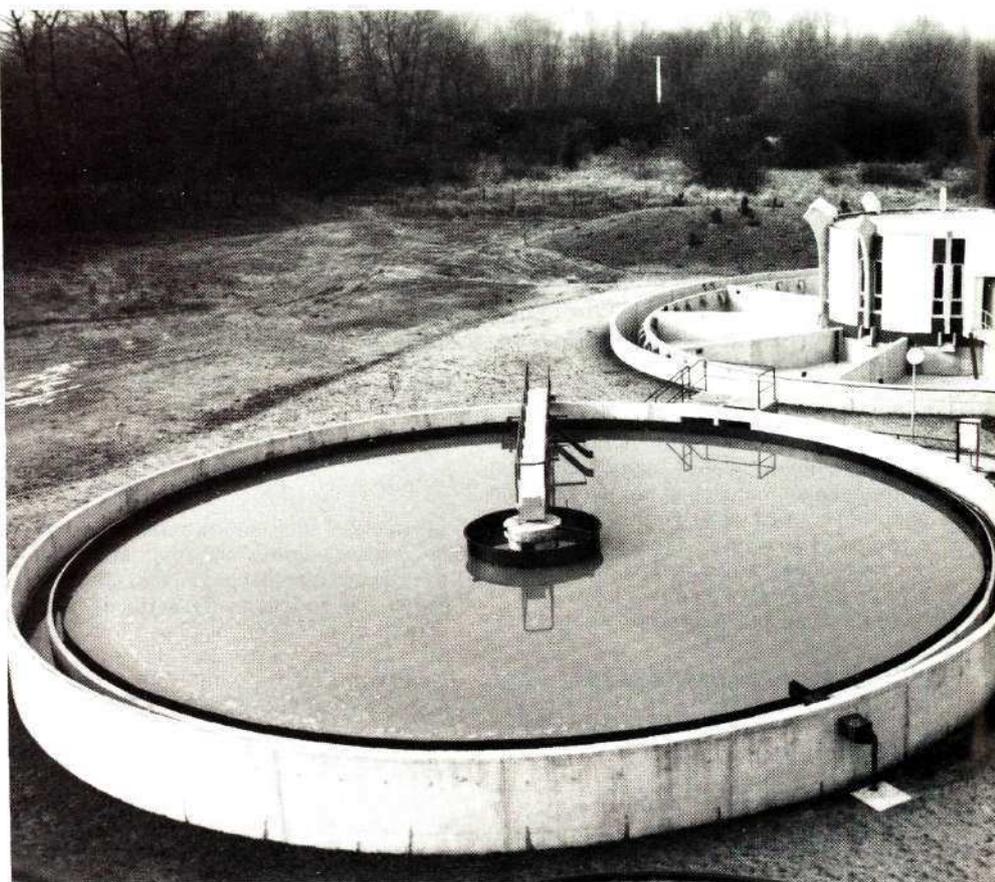
- abaissement du plan d'eau sur le filtre,
- flux d'air seul pour détasser le matériau, briser les agrégats accumulés autour des grains,
- flux d'eau pour entraîner les matières décrochées.

Elles peuvent être automatisées et se font avec de l'eau épurée stockée.

Les boues de lavage sont envoyées en tête du décanteur primaire. La reprise de l'épuration dans la zone biologique après un lavage est immédiate : il reste sur le matériau une biomasse fixée et active pour obtenir une épuration correspondant à celle du régime établi

Ce lavage, qui se limite à l'évacuation d'une biomasse en excès, permet de réduire les pertes en eau et la dépense d'énergie.

Enfin, en liaison avec la technologie originale du transfert de l'oxygène, l'oxydation massive de la biomasse conduit à une production de boues plus faible que dans le cas d'un système à boues activées fonctionnant à moyenne charge.



## C. Domaines d'application du procédé biocarbone

### 1. Elimination de la pollution conventionnelle d'un effluent urbain ou industriel (DCO, DBO, MEST)

Dans le cas d'un effluent urbain, cinq années d'essais sur pilotes puis sur une installation à l'échelle 1 (station expérimentale du Havre), ont permis d'explorer divers niveaux de charge carbonée appliquée.

A titre d'exemple, sont reportées au tableau 1, les efficacités de l'épuration observées en traitement secondaire pour les charges appliquées, de 5 à 10 kg de DCO par mètre cube de matériaux et par jour.

Même pour une charge volumique élevée, le rendement de l'épuration est excellent. Notamment, la teneur en matières en suspension est toujours en deçà du seuil imposé par le niveau f, le plus exigeant qui soit.

Diverses études furent, d'autre part, réalisées sur des rejets industriels concentrés tels que ceux de brasseries, parfumeries, confiseries, etc... et montrèrent la possibilité de traitement à des charges de 6 à 10 kg de DCO par mètre cube de matériau et par jour. Il est connu que les eaux de brasseries ou de confiseries riches en sucres, induisent la prolifération d'espèces filamenteuses qui perturbent la décantation secondaire d'un traitement par boues activées. La technique Biocarbone, qui s'affranchit du décanteur secondaire, permet d'éviter cet inconvénient. Les teneurs de la DCO

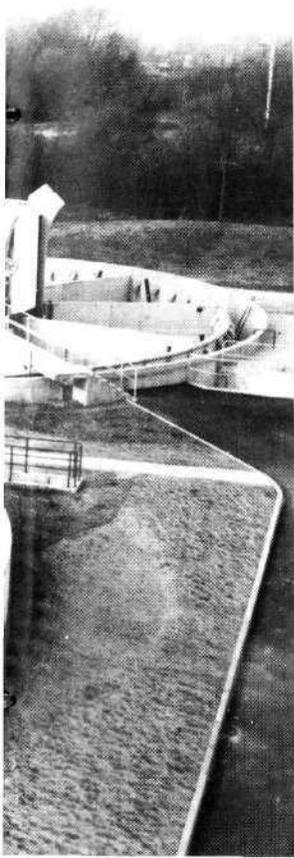
résiduelle dissoute de l'effluent traité sont généralement inférieures de 20 à 30 % de celles d'un traitement conventionnel à faible charge.

### 2. Nitrification

L'ammoniaque rejeté dans un milieu naturel présente au moins quatre inconvénients :

- il est directement toxique pour les poissons à des concentrations de l'ordre de quelques mg/l
- il a une demande d'oxygène presque aussi élevée que la "DBO" : chaque habitant rejette journalièrement 12 à 15 g de N.NTK qui utilisent 50 à 60 g de O<sub>2</sub> pour se stabiliser sous forme de nitrate.

Paramètre	Eau décantée primaire mg/l	Charge appliquée Kg.DCO/m <sup>3</sup> /j	Eau épurée Biocarbone mg/l	Rendement	Normes mg/l Niveaux	
					e	f
DCO mg/l	500	5/7	45	91 %	90	50
		10/12	70	86 %		
DBO mg/l	225	5/7	10	95 %	30	15
		10/12	15	93 %		
MEST mg/l	140	5/7	4	97 %	30	20
		10/12	10	93 %		



*Décanteur primaire et biocarbone Soissons.*  
Doc. O.T.V.

— il est responsable, avec le phosphore, de l'eutrophisation ou développement anarchique d'algues qui, en se décomposant, vont, à leur tour, créer une pollution.

— il est indésirable, soit sous forme  $NH_4$  au taux de 0,5 mg/l, soit sous forme oxydée en  $NO_3$  au taux de 11 mg/l dans les eaux de surface utilisées pour la production d'eau potable.

L'élimination de l'ammoniaque est de plus en plus envisagée pour la protection des milieux naturels : la Ville de Paris étudie déjà les moyens susceptibles de compléter par la nitrification les traitements d'élimination de la pollution carbonée réalisés à Achères.

La technique Biocarbone peut être envisagée en traitement tertiaire de nitrification derrière une station d'épuration classique, mais la possibilité d'injecter autant d'air que nécessaire dans la masse de matériau permet de l'adopter en phase unique après une décantation primaire pour l'élimination simultanée des pollutions carbonées et azotées et cela sans recyclage, dans le cas d'une eau résiduaire à dominante urbaine. (schéma 3).

Deux conditions sont à remplir pour obtenir cette nitrification :

- 1) la charge carbonée doit être inférieure à 5 kg de DCO par mètre cube de matériau et par jour,
- 2) la charge azotée appliquée doit être inférieure à 0,6 kg d'azote par mètre cube de matériau et par jour.

On obtient alors des rendements d'élimination des formes réduites de l'azote de 80 à 90 %.

Nous rappelons qu'avec un système classique à boues activées, la nitrification est difficile à maîtriser : les nitrates formés ont tendance à être réduits en azote gazeux dans les conditions d'anoxie du décanteur secondaire ; ceci conduit à la flottation des boues, à la déconcentration de la culture et à la production d'un effluent de qualité médiocre. Ces risques n'existent pas dans un procédé à bactéries fixées puisque la décantation secondaire n'est pas nécessaire.

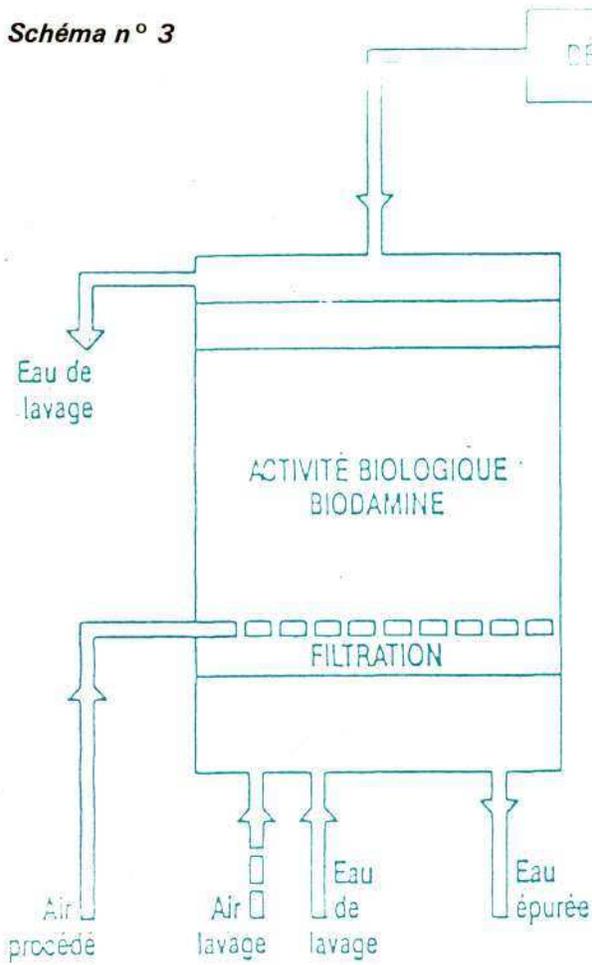
### 3. Nitrification-dénitrification : élimination complète de l'azote

La mise en application de nouvelles normes

*Bactéries fixées. Photo prise au microscope électronique, grossissement  $\times 15\ 000$ .*  
Doc. O.T.V.



Schéma n° 3

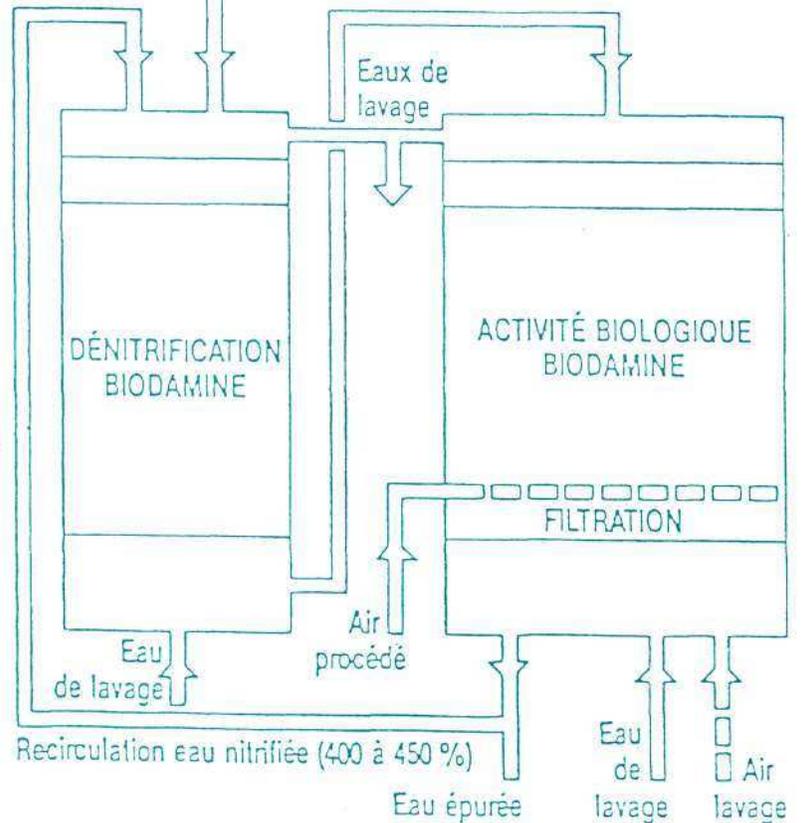


### TRAITEMENT DE LA DBO ET NITRIFICATION

DÉCANTEUR PRIMAIRE

Schéma n° 4

### TRAITEMENT DE DBO NITRIFICATION-DÉNITRIFICATION



sur les rejets peut impliquer l'élimination de l'azote total, c'est-à-dire la nitrification-dénitrification où les nitrates formés à partir de l'ammoniaque, dans l'étape aérée, sont réduits en azote gazeux dans une étape anoxique.

La nitrification-dénitrification peut facilement être mise en œuvre : un filtre anaérobie reçoit l'eau décantée primaire et l'effluent recyclé d'un filtre aérobie du type Biocarbone. Le premier assure la dénitrification de l'effluent du second, qui lui, assure la nitrification. (schéma n° 4).

Cet agencement permet une réalisation en deux étapes comme pour Soissons (40.000 hab.) où l'on a réalisé, dans un premier temps, une station pour la nitrification seule, selon le schéma 3.

L'adjonction d'un filtre dénitrificateur pourra être faite ultérieurement, apportant, en outre, la possibilité d'accroître la capacité globale de l'installation dans la proportion correspondant à la pollution carbonée qui sera utilisée pour la dénitrification.

La station de Valbone (20 000 hab) est directement conçue pour la nitrification-dénitrification selon ce principe.

#### 4. Traitement de réutilisation et de recyclage

La nécessité du traitement de recyclage des eaux résiduaires urbaines devient dans de nombreux pays, une réalité : ainsi, en Israël, en Afrique du Sud, au Moyen-Orient, et dans certaines régions des Etats-Unis.

Les objectifs fixés sont, soit la réutilisation de l'effluent, sommairement traité, en agriculture, soit l'obtention d'un effluent hautement purifié de qualité pratiquement potable réutilisable dans l'industrie, en agriculture ou pour la reconstitution des stocks d'eau destinée indirectement à la consommation. La réutilisation directe en eau de consommation est très rarement envisagée.

En France, les ressources en eau restent suffisantes, mais le recyclage est néanmoins pratiqué localement pour répondre à des besoins industriels ou à des normes très strictes sur les rejets qui conduisent à la production d'un effluent de très haute qualité.

Les filières généralement proposées comportent toutes les éléments suivants :

- une étape biologique,
- une étape physicochimique de coagulation, floculation, décantation à pH élevé, suivie d'une neutralisation et d'une filtration
- une étape d'affinage plus ou moins complexe.

La finalité du traitement physicochimique est principalement l'élimination des matières en suspension qui échappent au traitement biologique, mais aussi la réduction des teneurs de certains éléments indésirables en particulier les métaux lourds. La flo-



Vue générale de la station d'épuration.

culatation à pH élevé est peu favorable à l'élimination des matières organiques qui devra être achevée ultérieurement dans l'étape d'affinage.

La filtration aérée du type Biocarbone allège considérablement ce schéma : ses hautes performances permettent de s'affranchir, dans le cas général d'eau usée urbaine, d'un traitement tertiaire et d'un prétraitement physicochimique poussé.

Au Havre, l'effluent d'un filtre Biocarbone est recyclé pour des besoins industriels (circuits de refroidissement).

A Valbonne, la filière suivante : décantation primaire, filtration biologique aérée Biocarbone, désinfection par l'ozone, permettra le recyclage de l'effluent après désinfection en irrigation par aspersion des espaces verts voisins (golf et jardins de la Ville Nouvelle de Sophia-Antipolis).

On peut pousser plus avant le recyclage, à l'aval du filtre Biocarbone, en disposant d'une ozonation suivie d'une filtration sur charbon actif, éventuellement d'une osmose inverse et enfin d'une désinfection. La qualité de l'effluent, dans ces conditions, est celle d'une eau de consommation.

## D. Le Biocarbone en France et à l'étranger

A partir des premiers brevets déposés en 1976/1977 sur la base d'une idée du professeur Italien Verde, OTV a développé et breveté le procédé dans de nombreux pays.

En France, deux pilotes industriels fonctionnent au Havre (depuis 4 ans) et à Colombes, tandis que cinq installations sont en construction ou en service :

- Soissons
- Hochfelden
- Valbonne avec dénitrification, nitrification et désinfection à l'ozone
- Grasse avec dénitrification
- Le Touquet

et que de nombreuses autres propositions sont en cours d'examen et devraient déboucher sur des réalisations.

A l'étranger, OTV agit de trois manières :

- **proposition directes** dans le cadre de son activité exportation
- **contrats de distribution** impliquant une participation large et active du propriétaire des brevets à l'étude et à l'élaboration des projets ainsi qu'à la défense commerciale des offres et à la réalisation des installations, cette technique n'est aisément applicable qu'aux pays voisins de la France et

s'applique notamment en Espagne et en Italie

— **contrats de licence** où OTV transfère à son partenaire étranger le droit d'exploiter ses brevets ainsi que la totalité de son savoir-faire. Le partenaire qui verse alors des redevances prend la responsabilité commerciale et technique de la diffusion du procédé.

C'est cette troisième méthode qui est utilisée pour diffuser le procédé dans les pays d'accès plus difficiles et il est tout à fait remarquable qu'à ce jour deux des pays à plus haute technicité du monde : les U.S.A. et le Japon aient acheté le procédé

— Aux Etats-Unis, le licencié d'OTV est un leader de la profession (Envirotech) qui a pris la licence exclusive et qui s'apprête à réaliser 5 installations dont la capacité globale est de 130.000 habitants - 19 autres installations, 500.000 habitants au total, sont actuellement retenues pour étude par les Ingénieurs Conseil Américains.

— Au Japon, un contrat est déjà signé avec la société NGK et deux autres sont en cours de négociation dont l'un avec le leader nippon de la profession.

A une époque où notre balance des paiements a besoin d'être rééquilibrée, il est important de voir se vendre à l'étranger un brevet développé et appliqué en France et dont une haute personnalité de l'EPA (Environmental Protection Agency - USA) déclarait récemment :

*"Le système BAF (non américain du Biocarbone), par sa conception même, est probablement le plus prometteur de tous les procédés signalés au NBPP, (programme sur les nouveaux procédés biologiques) depuis sa création. C'est un système qui offre une simplicité d'exploitation allée à un coût de réalisation modeste, un résultat positif au niveau de la teneur en MES de l'effluent, un encombrement au sol et un volume réduits, et, d'après les expériences faites, une consommation d'énergie avantageuse".*

Il reste à espérer qu'un marché intérieur suffisant permettra de continuer et d'élargir une percée déjà remarquable de part et d'autre du Pacifique.

# Les aménagements hydroélectriques de la région grenobloise

par Jacques LECLERCO,

Directeur de la Région d'Équipement Alpes-Lyon d'Électricité de France  
et Michel COURIER, Adjoint au Chef des Etudes

## Les "derniers" ouvrages gravitaires

Parallèlement au programme nucléaire en cours de réalisation, on constate depuis plusieurs années une reprise des travaux relatifs aux aménagements hydroélectriques, en grande part stations de pompage (Grand'Maison à 30 km à l'amont de Grenoble, Super-Bissorte sur la rive gauche de l'Arc, le Truel, Montezic dans le département de l'Aveyron), mais aussi réaménagement d'installations gravitaires ; les 3 000 MW correspondants seront mis en service avant la fin de l'année 1986, concrétisant la "nouvelle vocation de l'hydraulique, complément fonctionnel de l'énergie thermique pour faire face aux fluctuations de la demande".

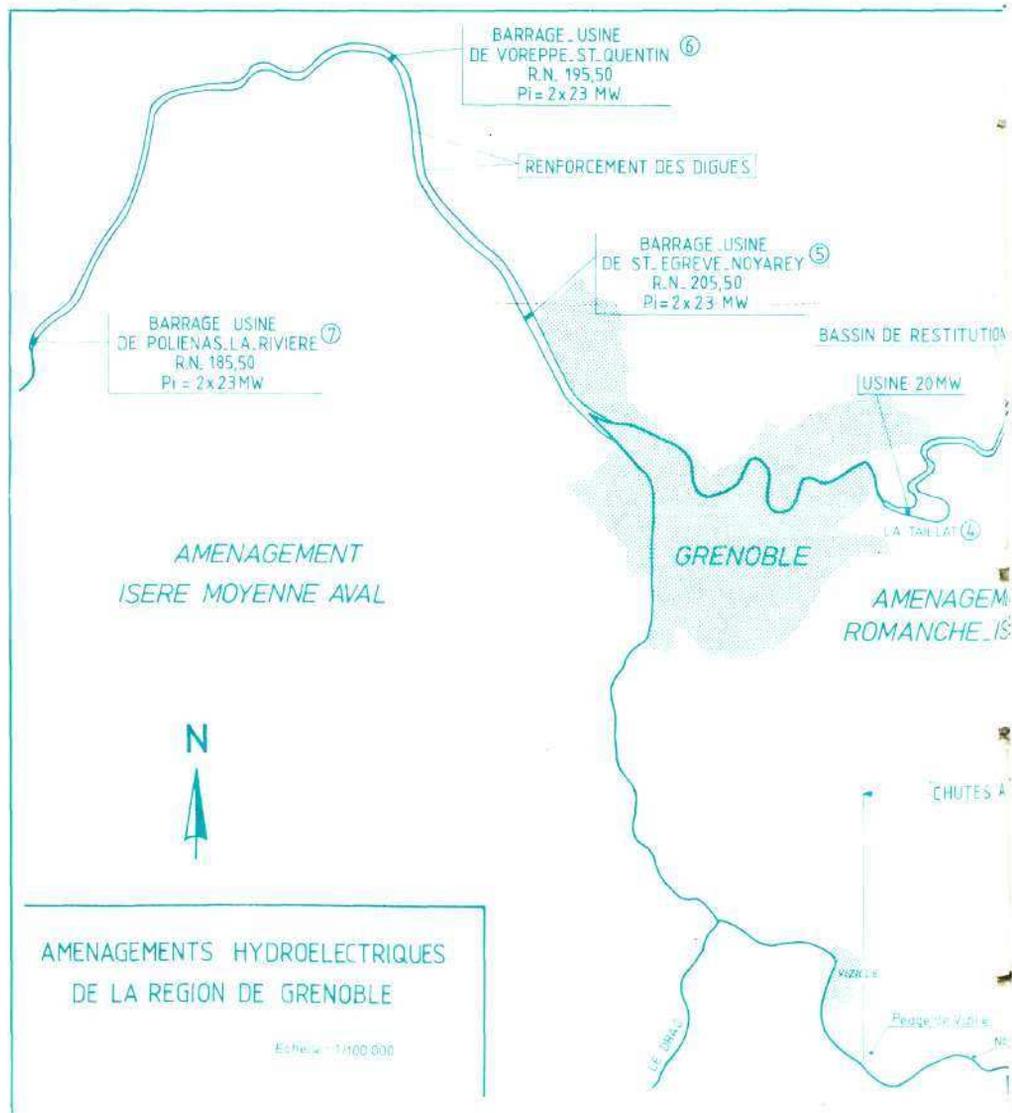
Cet article s'insère dans le cadre de ceux parus dans la revue PCM d'août-septembre 1980, qui traitait de l'hydraulique, et notamment celui de Michel Hug sur le bilan récent et perspectives du programme hydraulique d'Électricité de France ainsi que celui de Jean Gautheron sur les aménagements hydroélectriques dans les Alpes, dont on retiendra qu'aux 3 000 MW en cours de réalisation depuis 1976, devraient venir s'ajouter 2 700 MW à entreprendre d'ici 1985.

Avec ceux de la Compagnie Nationale du Rhône, il s'agit en effet du point actuel des études concernant, semble-t-il, les derniers grands projets d'aménagements gravitaires français ; ceux-ci prennent place dans un rayon d'une vingtaine de kilomètres autour de Grenoble, avec d'une part une dérivation de la Romanche dans l'Isère à l'amont de Grenoble, d'autre part trois chantiers de chute à l'aval de Grenoble (carte n° 1). La puissance installée totale sera d'environ 600 MW (mégawatts) dont 140 MW sur les ouvrages sur l'Isère aval et 460 MW pour la dérivation de la Romanche dans l'Isère, les engagements étant respectivement envisagés pour 1983 et 1984-1985.

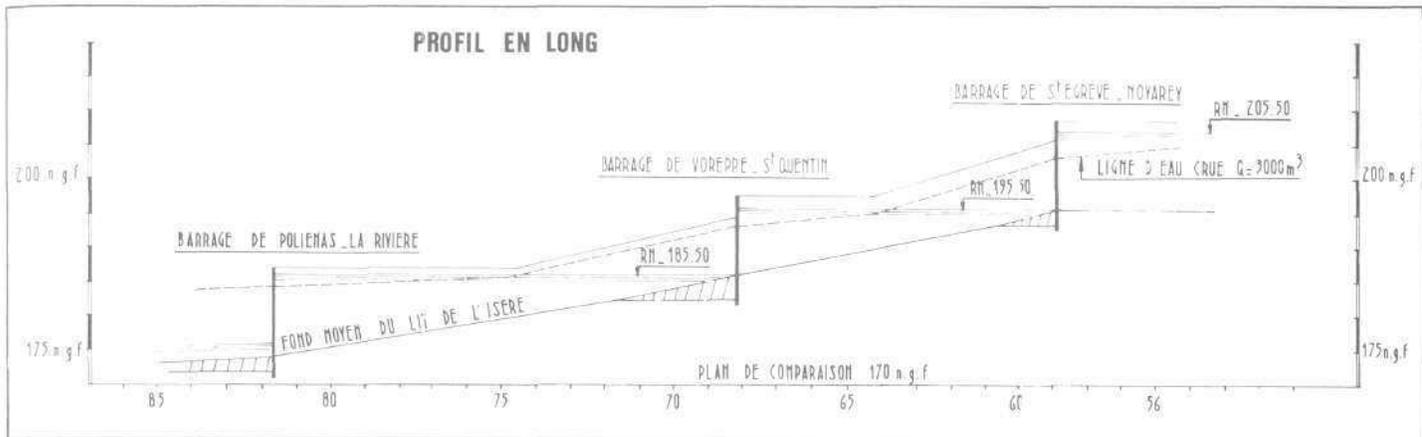
Ces ouvrages produiront annuellement environ 1,8 TWh (térawatts-heure, soit  $10^{12}$  Wh) avec une puissance garantie (puissance moyenne disponible en période critique, soit 1 500 heures les plus chargées de novembre à mars) de 340 MW ; à titre de comparaison, la production annuelle d'électricité en 1985 sera de 320 TWh, une tranche nucléaire de 900 MW fournissant en moyenne 6 TWh.

## Trois barrages à l'aval de Grenoble

Ce projet, qui reçut un début d'exécution en 1965, mais fut abandonné en 1967, comporte trois barrages-usines construits en série dans le lit de l'Isère sur un tronçon de



## PROFIL EN LONG



26 km, sans aucun canal latéral ; les trois chutes, sensiblement équivalentes sont celles de Saint-Egrève-Noyarey ; Voreppe-Saint-Quentin et Poliénas-La Rivière pour une dénivellation totale d'environ 30 m. L'ensemble de ces ouvrages est estimé à 1,2 milliard de francs 1981.

Les digues de la rivière reprofilées et renforcées seront surélevées partout où l'impose le niveau des retenues ou le pas-

sage de la crue de projet ; la protection de la plaine sera ainsi assurée pour une crue de 3 000 m<sup>3</sup>/s et ce, depuis le confluent du Drac et de l'Isère jusqu'au troisième barrage-usine ; un fonctionnement des barrages-usines avec un léger marnage des plans d'eau permettra une certaine souplesse d'exploitation.

L'encagement de la rivière représente d'importants terrassements : 4,4 millions de m<sup>3</sup> de déblai ; 3,7 millions de m<sup>3</sup> de remblai ; 3,1 millions de m<sup>3</sup> de dragage seront nécessaires pour réaliser les digues, avec, dans certaines zones, des écrans étanches, les contre canaux de drainage et les rectifications du lit.

Chaque barrage comporte, dans le projet actuel, cinq passes de 25 m équipées de vannes segment de 9 m de hauteur ; une variante barrage-mobile est également étudiée prévoyant sur la majeure partie des 140 m de largeur, des hausses type Aubert ; l'ouvrage de Saint-Egrève - Noyarey pourrait recevoir un pont routier de 10 m de large.

Chaque usine est armée, pour un débit de 500 m<sup>3</sup>/s, de deux groupes bulbes à pales et distributeurs mobiles, d'une puissance unitaire de 23 MW, tournant à 107 t/mn.

apparaît encore plus intéressante si l'on prend en compte les reports saisonniers de l'été sur l'hiver que permettront les ouvrages amont en cours de réalisation (Grand'Maison) ou en projet (Haute Romanche).

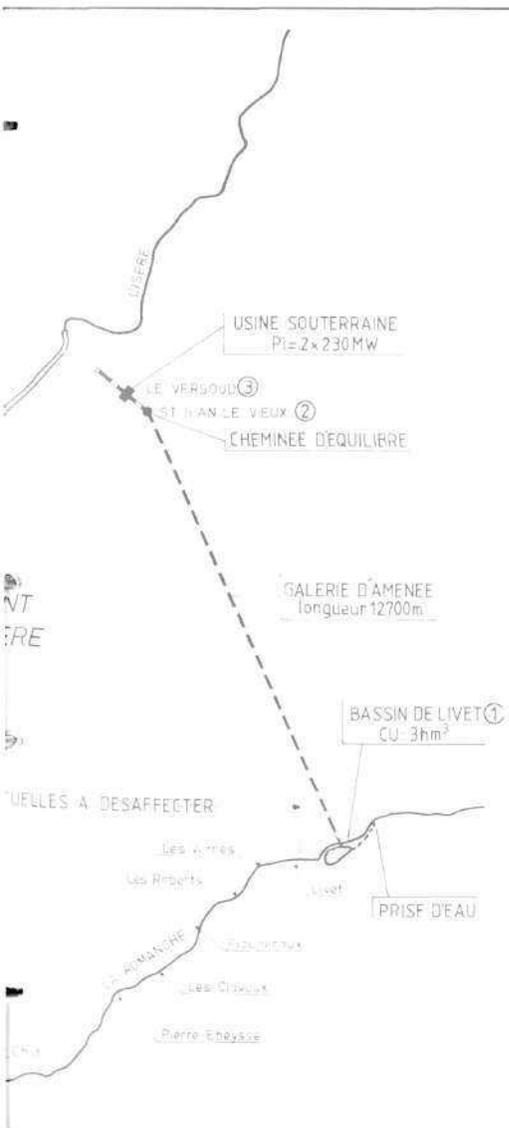
Cet aménagement

- capterait les eaux de la Romanche au pont de l'Aveynat,
  - les concentrerait dans un bassin de 3 millions de m<sup>3</sup> construit à l'amont de Livet,
  - les amènerait par une galerie en charge de 12 700 m sous le massif de Belledonne au-dessus du Versoud,
- les eaux chuteront de presque 500 m par une conduite forcée de 4,50 m de diamètre bloquée au rocher dans un puits incliné de 835 m de longueur, la cheminée d'équilibre ayant une hauteur de 130 m.

L'usine souterraine implantée sous le village de St-Jean-le-Vieux renferme deux groupes Français de 230 MW, l'ouvrage de fuite se raccordant à un bassin de démodulation réalisé par endiguement du lit de l'Isère sur une longueur de 7 km.

Le barrage-usine de Meylan-Gières fermant à l'aval le bassin de démodulation comporte une bouchure mobile et 6 groupes bulbes d'une puissance de 20 MW.

L'ensemble de ces ouvrages est estimé à 1,5 milliards de francs 1981.



## — La dérivation de la Romanche dans l'Isère

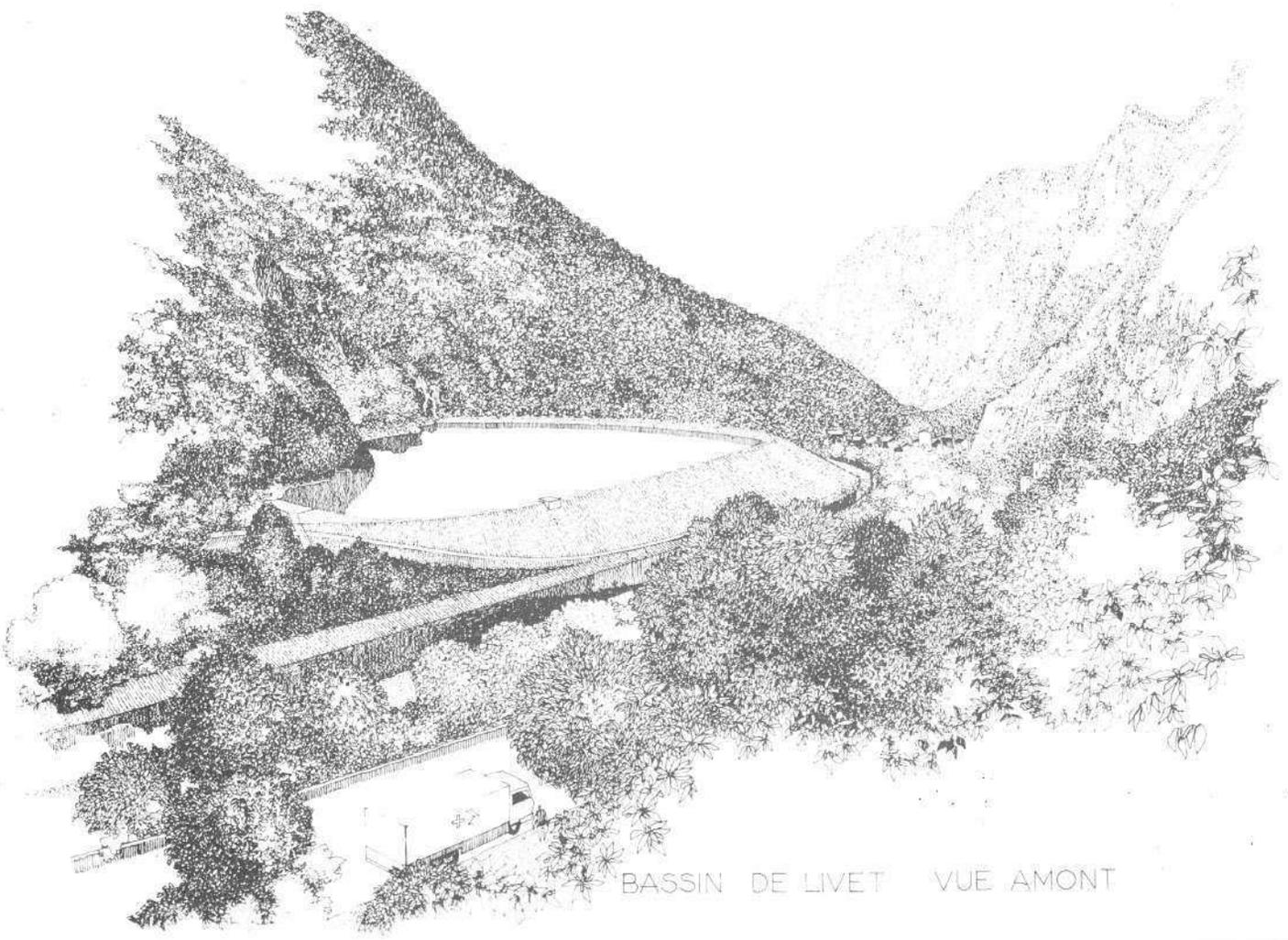
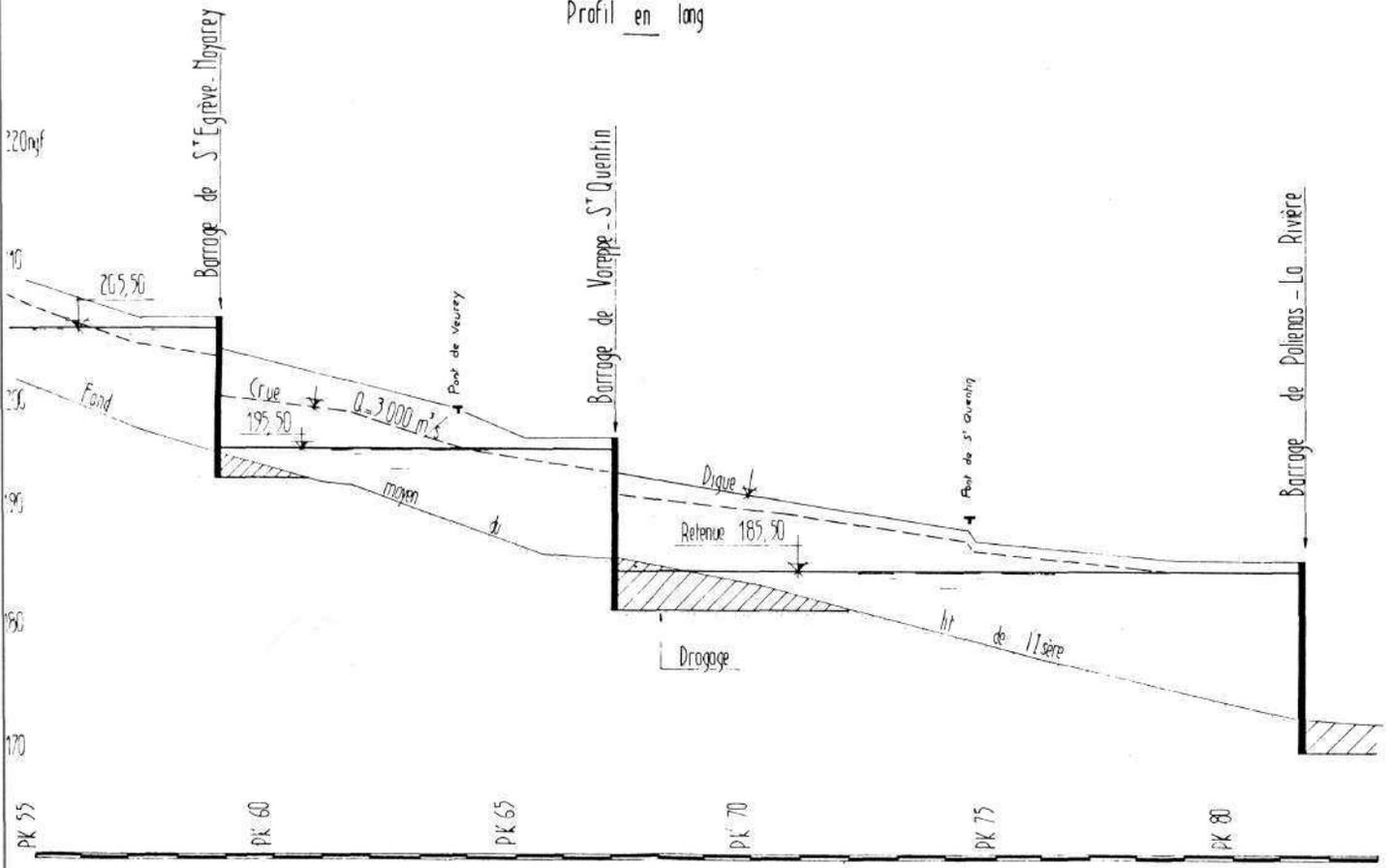
De la plaine de Bourg-d'Oisans jusqu'à Vizille, la Romanche comporte un tronçon très énergétique, grâce à une dénivellation de 380 m sur une distance de 15 km. Actuellement toute la hauteur de chute est pratiquement utilisée par une chaîne d'usines existantes. La vétuste et le sous-équipement de certaines justifient leur renouvellement. Le schéma retenu est une dérivation de la Romanche dans l'Isère qui permet d'obtenir une dénivellation de 480 m au lieu des 380 m existant le long du cours de la Romanche ; cette opération

## — L'impact des projets

• En premier lieu, **l'emploi** ; l'été 1981, un peu plus de 2 000 personnes travaillaient sur les chantiers d'aménagements hydroélectriques de l'Isère, à Grand'Maison ainsi qu'à Saint-Guillaume II ; or, les travaux de Saint-Guillaume se terminent en 1982 et certains chantiers de Grand'Maison à partir de 1984. L'engagement des chantiers de l'Isère moyenne aval en 1983 et de la dérivation Romanche-Isère en 1984 devrait permettre de maintenir l'emploi au-dessus de 2 000 en 1983 et 1984 et réduire le ralentissement prévu ultérieurement.

# Aménagement de l'Isère Moyenne Aval

Profil en long



BASSIN DE LIVET VUE AMONT

- En second lieu, **les retombées économiques**, pendant la durée du chantier et celles postérieures au chantier des retombées fiscales annuelles (environ 1 % du coût des ouvrages avec la législation actuelle) ; s'y ajouteront la possibilité déjà mentionnée d'utiliser le barrage de Saint-Egrève comme support de pont routier, l'amélioration probable du Pont de l'Aveynat sur la Romanche ;

- En ce qui concerne **les emprises agricoles**, celles-ci seront assez limitées : 270 ha dont 60 ha de terres cultivées pour l'Isère moyenne aval ; 60 ha environ pour l'aménagement de la Romanche ; à cet égard, Électricité de France est tenu, de par ses cahiers des charges, à participer à la reconstitution du potentiel agricole. Par ailleurs, la conception des ouvrages visera, dans toute la mesure du possible, à minimiser les emprises ; c'est ainsi que les études du projet d'endiguement font l'objet d'une coordination avec les projets routiers programmés dans ce secteur.

- Mais l'impact le plus important correspond à tout ce qui touche à l'eau, avec, sans oublier la défense contre l'incendie, les problèmes de pêche et droits divers, trois effets principaux :

*- les nappes et leur utilisation pour l'alimentation en eau potable de Grenoble E.D.F., en tout état de cause, maintiendra les niveaux de nappe et en tant que de besoin les débits captés à leurs valeurs actuelles, mais ce projet pourrait être l'occasion de poser dans la galerie Romanche - Isère une adduction nouvelle d'eau potable comme le souhaite le syndicat intercommunal des eaux de la région grenobloise.*

*- les pollutions industrielles ou domestiques* une étude exhaustive d'"état zéro" sur les divers tronçons est en cours ; là encore, E.D.F. a une obligation de résultat consistant à ce que les conditions de pollution des cours d'eau n'évoluent pas défavorablement. L'examen des solutions est engagé tant pour la Romanche où le débit sera restreint de façon notable, auprès des industriels et de la commune de Vizille que pour les projets de barrage à l'aval de Grenoble où du fait de l'absence de station d'épuration on pourrait craindre des dépôts désagréables dans les retenues qui seront créées. Il faut noter que les services ou organismes responsables de ces problèmes ont exprimé l'idée d'accélérer, à cette occasion, le processus d'amélioration des situations existantes, ce qui pourrait conduire notamment à anticiper la réalisation de stations d'épuration à Vizille et Grenoble.

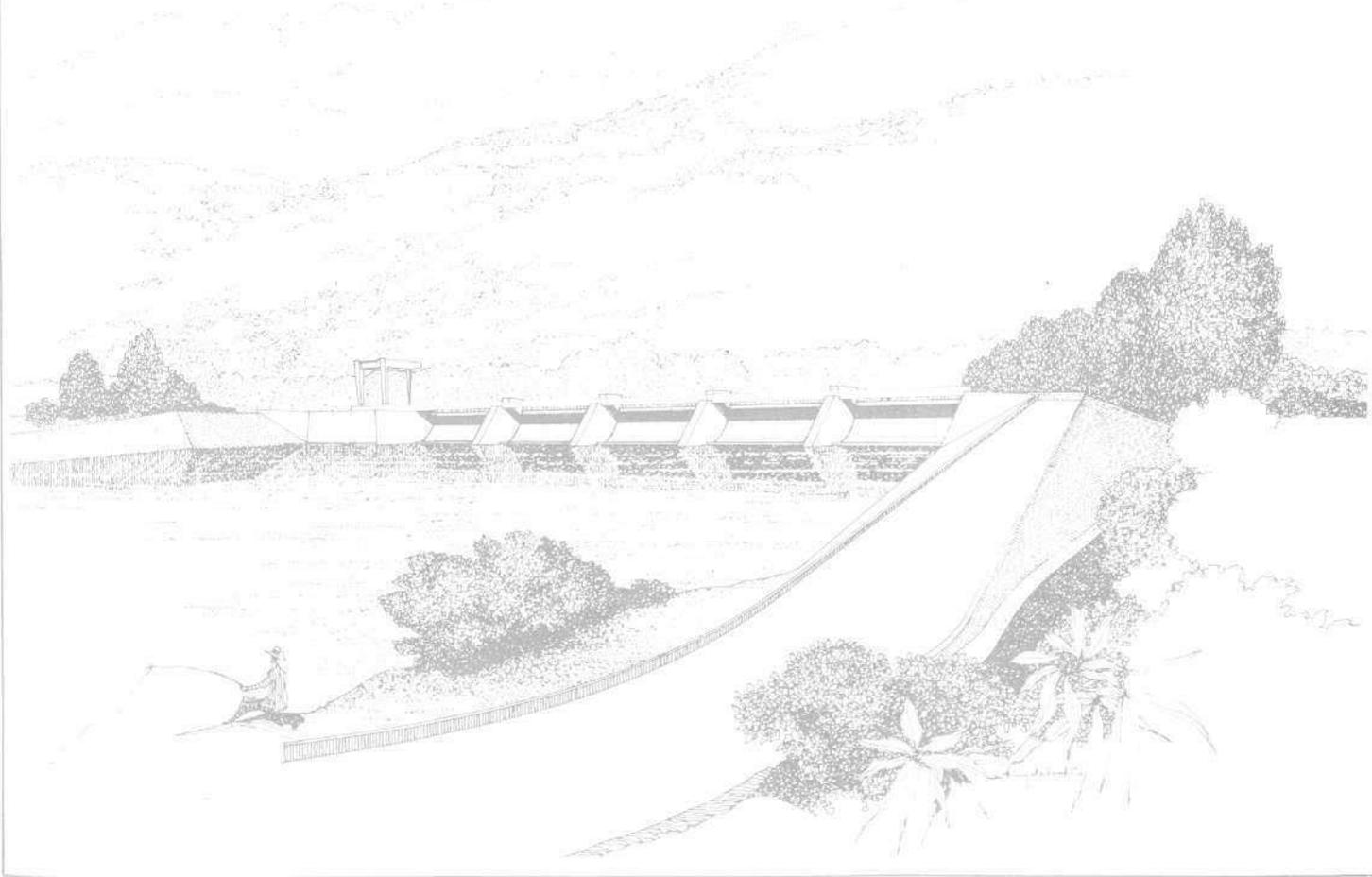
*- la protection contre les crues* où les ouvrages hydroélectriques participent pour une part plus ou moins importante ; c'est ainsi que sur l'Isère, à l'amont de Grenoble E.D.F. propose de dimensionner ses ouvrages du bief de la Taillat pour une crue de 2 000 m<sup>3</sup>/s et qu'à l'aval de Grenoble l'endiguement, dont la réalisation était prévue par la loi de novembre 1941, permettra d'écouler des crues de 3 000 m<sup>3</sup>/s.

Les aménagements hydroélectriques de la région grenobloise comportent ainsi huit chantiers échelonnés le long de l'Isère et de la Romanche et concernent dix sept communes dans un rayon d'une vingtaine de kilomètres autour de Grenoble.

Les mises à l'enquête publique, qui devraient intervenir au cours de l'année 1982, feront suite à de nombreuses réunions de concertation, plus d'une centaine à l'heure actuelle, tant sur le terrain avec les associations professionnelles et les élus qu'au niveau départemental devant le Conseil Général ou les diverses administrations concernées.

La réalisation de cet ensemble de travaux permettra de produire presque deux milliards de kWh, trois fois la consommation actuelle de Grenoble, bien placés par rapport aux heures de forte consommation, pour des mises en service échelonnées entre 1987 et 1989.

BARRAGE USINE DE MEYLAN GIERES - VUE DE L'AVAL



# La place des biotechnologies dans l'assainissement urbain et industriel

Le rôle du groupe de la LYONNAISE DES EAUX

Par René COULOMB — Directeur Général Adjoint de la LYONNAISE DES EAUX

Les biotechnologies sont devenues pour les mass-média, les responsables gouvernementaux ou des grandes entreprises un thème symbolique voire mythique depuis deux ou trois ans. En fait, en termes concrets, c'est la rencontre de Sciences et de Techniques physiques et chimiques (génie chimique, techniques séparatives, etc...) et de sciences et de techniques basées sur les propriétés des organismes vivants. De ce point de vue, les biotechnologies utilisent les :

- propriétés des cellules animales et des plantes supérieures,
- propriétés des micro-organismes (bactéries, algues, champignons),
- propriétés des organites et constituants cellulaires (gènes, mitochondries, chloroplaste) et tout particulièrement des enzymes...

et aboutissent à des techniques qui ont, ou auront des applications dans l'agriculture, l'industrie chimique, l'industrie pharmaceutique et tout ce qui touche à la santé, l'agro-alimentaire et la protection de l'environnement. Les raisons qui justifient l'intérêt considérable mais récent porté aux biotechnologies sont :

- la crise pétrolière et le renchérissement des produits de la pétrochimie ainsi que de l'énergie,
- le développement démographique accéléré qui accroît les problèmes d'alimentation et de santé,
- la pression de l'opinion publique qui dans les pays développés est sensible aux arguments des partisans des technologies dites douces ou naturelles.
- surtout, les découvertes assez récentes dans la connaissance des mécanismes intimes du fonctionnement de la matière vivante, et en particulier, le passage maintenant possible, à l'échelle industrielle de techniques limitées, il y a encore peu de temps, à quelques laboratoires de recherche fondamentale (génie enzymatique, génie génétique).



On peut considérer que les biotechnologies arrivent maintenant à un carrefour ou convergent des possibilités scientifiques, techniques, économiques et psychologiques comparables à la situation de l'électronique et de l'informatique dans les années soixante. Il ne faut pas manquer le train, il va partir vite. Cependant les biotechnologies ne sont pas à proprement parler nouvelles bien au contraire : le développement de l'agriculture au néolithique a reposé en grande partie sur la sélection des semences ayant le meilleur potentiel génétique. Les techniques de production du vin, de la bière, de l'alcool, des fromages, etc... sont des techniques fermentaires qui font appel à des micro-organismes sélectionnés. Il en est de même dans certaines industries textiles traitant des fibres végétales (lin, chanvre). Le traitement des eaux résiduaires fait appel à des fermentations aérobies et anaé-

robies dirigées et contrôlées. Mais le développement de ces techniques n'a pu être possible, pour les amener au niveau des autres techniques du monde moderne, que grâce aux découvertes qui se multiplient à une vitesse accélérée depuis trente ans sur les mécanismes de la vie et au passage très récent des biosciences aux biotechniques.

Depuis longtemps déjà certaines Sociétés du Groupe de la LYONNAISE DES EAUX utilisent dans leurs procédés des techniques biologiques, c'est le cas de DEGREMONT en traitement des eaux résiduaires, urbaines ou industrielles et des boues résultant de ces traitements, de TRIGA en compostage d'ordures ménagères et de SITA en décharge contrôlée.

Cependant, les développements récents des recherches biologiques sont tels qu'il paraît nécessaire de dépasser le stade de

l'amélioration des techniques existantes pour chercher à évaluer les retombées à plus ou moins long terme des connaissances fondamentales en cours d'acquisition. Il faut en effet éviter de passer à côté d'un développement possible de techniques biologiques nouvelles révolutionnant plus ou moins nos secteurs d'activité. Ceci intéresse donc, non seulement les Sociétés du Groupe qui utilisent déjà des techniques biologiques, mais toutes les autres tant il semble que les retombées puissent être diverses.

En outre, il semble que nous entrions dans l'ère de la valorisation des déchets alors que, jusqu'à présent, on a, soit négligé ces déchets, soit simplement cherché à les détruire.

Ce changement d'orientation conduit à regarder l'utilisation des techniques biologiques sous un tout autre jour que celui auquel nous sommes habitués. Mais avant d'appliquer de nouvelles techniques, il faut qu'elles soient mises au point.

La piste la plus évidente est celle des économies d'énergies réalisables par méthanisation, par bioconversion des eaux résiduaires urbaines et surtout des effluents des industries agro-alimentaires.

La majeure partie des déchets rejetés par les industries agricoles et alimentaires sont organiques et justifient leur récupération et leur valorisation.

De plus, la lutte contre la pollution s'étant développée intensivement, les eaux résiduaires à forte teneur en carbone organique doivent être traitées de manière impérative.

L'épuration des effluents pollués était, le plus souvent, réalisée en milieu aérobie, car ce procédé est mieux connu et les processus y sont rapides, mais cette voie aérobie qui oxyde et transforme les matières organiques en gaz carbonique et en biomasse bactérienne (boues en excès) n'assure pas une valorisation du carbone. Les besoins énergétiques, bien que réduits par rapport à d'autres procédés, tels que la concentration ou l'incinération, peuvent représenter pour de fortes charges polluantes des limites à ce type d'épuration (énergie consommée : 1 KWh/Kg de  $DBO_5$ ). D'autre part, les rejets fortement concentrés devront être dilués pour le traitement aérobie.

Généralement, les eaux résiduaires mixtes présentent des DCO de 1 g/l ou moins, ce qui ne les rend pas intéressantes pour le traitement anaérobie, elles ne sont en fait que le mélange de flux partiels à teneurs élevées et de quantités d'eau qui, sans aucun traitement, pourraient être retournées dans l'écosystème.

Ces flux partiels à teneur élevée en carbone sont particulièrement polluants et un traitement anaérobie leur est parfaitement applicable ainsi que l'exprime le tableau suivant :



1 - Digesteurs et gazomètre de la station d'épuration Louis Fargue à Bordeaux - Gestionnaire LYONNAISE DES EAUX. (Document Degremont)

**Avantages et inconvénients  
du traitement anaérobie par rapport au  
traitement aérobie par boues activées**

**Avantages :**

- Un haut degré d'épuration est possible pour des effluents très concentrés et ceci à haute charge ;
- Faible production de boues ;
- Les boues produites ont de bonnes caractéristiques pour la déshydratation et sont stockables sans dégagement de mauvaises odeurs ;
- Demande en nutriment plus faible ;
- Pas de besoins énergétiques importants ;
- Production d'un gaz riche en énergie : le méthane ;
- Bonne conservation de la boue anaérobie (dans le cas d'industrie saisonnière) entre deux périodes d'activité.

**Inconvénients :**

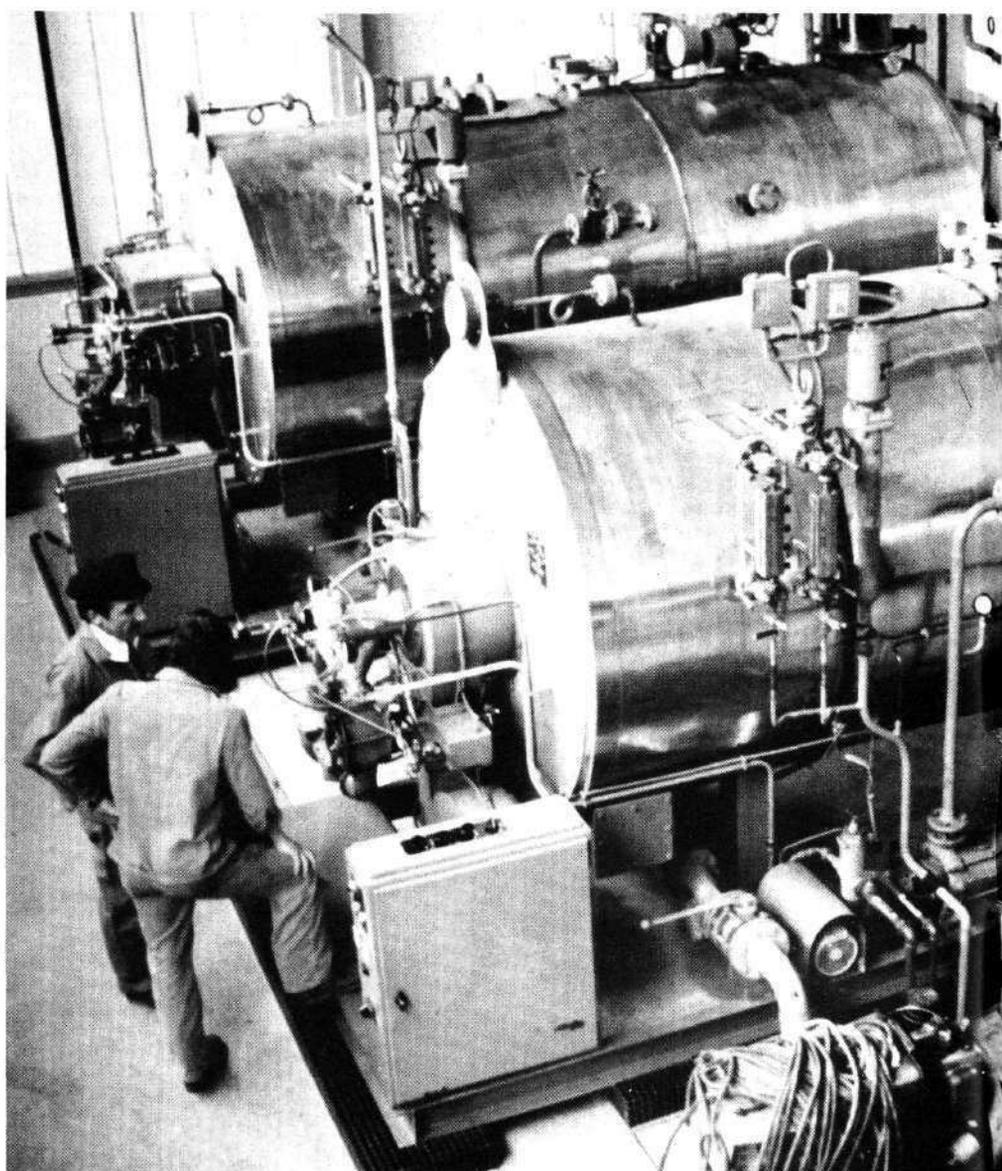
- Le démarrage du procédé doit être très surveillé ;
- Procédé assez sensible à la température et au pH : besoin d'exploitation compétente ;
- Expérience pratique réduite pour l'application de ce procédé aux traitements d'effluents, et dans ce cas :
  - Les rendements obtenus en  $DBO_5$  ne dépassent pas 90 % ;
  - La digestion anaérobie ne permet pas de respecter les normes de rejets habituels (30 mg/l en  $DBO_5$ ) ;

Les fortes charges polluantes des rejets d'industries agro-alimentaires, limitant l'utilisation de l'épuration biologique aérobie, justifient la voie anaérobie.

Un autre avantage est leur nature liquide qui se prête aussi bien à l'étude expérimentale qu'à l'application industrielle pour laquelle des solutions technologiques existent. Ce fait démarque très nettement la fermentation méthanique des eaux résiduaires, en tant que système épurateur, récupérateur de méthane, sans dépense d'énergie d'aération, de la méthanisation de milieux solides à des fins énergétiques encore mal résolue.

En ce qui concerne le bilan d'énergie produite et pour qu'il soit positif, il faut que les déperditions thermiques à compenser soient inférieures à la production d'énergie (méthane). Ceci n'est pas toujours réalisable bien que certains rejets chauds en sortie (distillerie, conserverie) ne demandent pas d'énergie de chauffage.

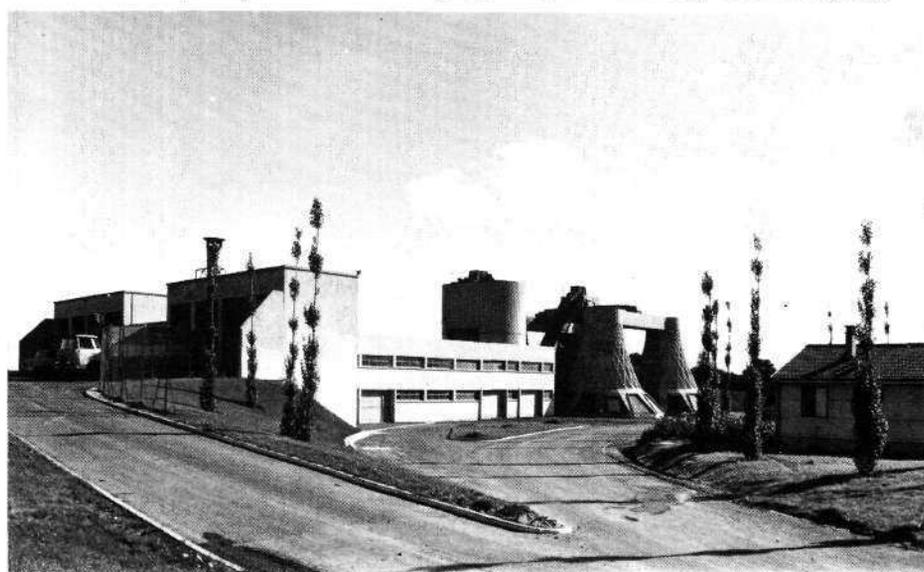
De toute façon, même s'il n'est pas possible d'équilibrer ce bilan thermique, on peut réduire de cette façon le coût de dépollution.

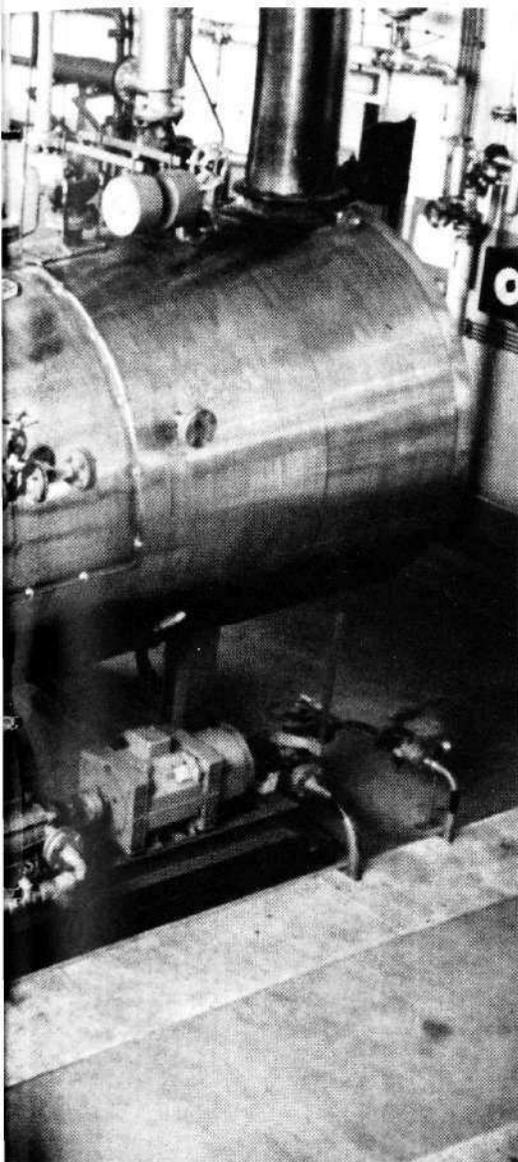


2 - Chaudière utilisant le gaz des digesteurs à la station Louis Fargue.

(Document Degremont)

3 - Usine de compostage d'ordures ménagères TRIGA à Versailles (160 tonnes/jour).





La première application importante du contact anaérobie à des effluents agro-alimentaires est en France celle réalisée grâce à la collaboration de l'INRA de Lille et de DEGREMONT pour les eaux de blancheurs des conserveries BONDUELLE à Renescure. Cette installation qui a été mise en route comme prévu pendant l'été dernier est conçue pour traiter 18 t/j de DCO dans deux digesteurs métalliques de 2 500 m<sup>3</sup> de volume unitaire. Le rendement d'élimination de la DCO doit dépasser 90 % et la digestion produire 0,5 m<sup>3</sup> de gaz par kilogramme de DCO. La concentration en matière sèche dans les digesteurs atteint 15 g/l grâce à une décantation dans un appareil de 20 m de diamètre. Pour un coût total de six millions de francs, l'ensemble de l'installation permet une production de 7 100 m<sup>3</sup> de gaz/jour avec une teneur en méthane de 58 % représentant 10 % de la consommation d'énergie thermique de la conserverie.

Le Groupe de la LYONNAISE DES EAUX envisage d'agir activement :

- dans le domaine du traitement des effluents,
- dans celui, nouveau, de la valorisation de la pollution de ces effluents,
- dans le domaine de la valorisation des déchets solides mais en dépassant celle des ordures et des boues résiduelles.

Les axes de valorisation seront d'abord énergétiques, mais iront aussi dans le sens d'une valorisation sous forme de matières premières (protéines, alcool, etc...).

Ces trois objectifs vont nous amener à explorer l'ensemble des recherches, concernant ce qu'il est convenu actuellement d'appeler la biomasse, auquel il faut ajouter les recherches concernant l'amélioration du matériel vivant, et surtout les micro-organismes, la mobilisation de ce matériel non seulement sous forme de souches pures mais également en compétition dans des milieux divers et enfin la mise au point de matériels biologiques nouveaux, plus performants, que ce soit des organismes, des cellules ou des productions biologiques comme les enzymes.

La valorisation énergétique passe essentiellement par la méthanisation dont l'étude comprend plusieurs volets :

## 1 — Recherche Fondamentale

Étude du métabolisme bactérien anaérobie, recherches de souches à haut rendement ; une possibilité existe du côté des souches thermophiles c'est l'objet d'un contrat passé avec l'Institut PASTEUR, lié à la collaboration avec les chercheurs américains.

La méthanisation buttant en outre sur le problème de la décomposition des composés celluloseux, il convient d'accumuler des connaissances dans ce domaine d'où une action dans le domaine de l'hydrolyse de la cellulose prévue avec l'Institut PASTEUR, divers centres universitaires français mais aussi les chercheurs étrangers, anglais, américains et russes.

Les travaux du Professeur ZEIKUS aux USA sur le couplage des souches bactériennes agissant dans les premières phases de la digestion et des souches méthanifères peuvent ouvrir un nouveau champ de connaissance et donc d'action dans ce domaine. Le Professeur ZEIKUS vient lui-même de démarrer l'étude de ce type de digestion à l'Institut PASTEUR où il est venu passer une année.

## 2 — Recherche appliquée

Un certain nombre d'actions viennent d'être engagées par DEGREMONT, en col-

laboration avec l'Institut National Agronomique l'INRA de Lille et des Laboratoires universitaires (Paris VII) :

- études des conditions d'agrégation des bactéries méthanifères,
- étude de la phase d'acidification préalable à la méthanisation,
- étude du métabolisme des bactéries sulfatoréductrices et de leur intervention dans le processus de la méthanisation.

Devraient être étudiées en outre :

- la méthanisation avec ou sans préhydrolyse des composés ligno-celluloseux dans un milieu complexe,
- la comparaison des méthanisations mésophiles et thermophiles dans un milieu complexe liquide et/ou solide,
- l'application de la digestion anaérobie aux effluents peu concentrés et en particulier aux eaux domestiques.

## 3 — Recherche Industrielle

Un programme sur deux ans est prévu portant à la fois sur divers procédés de méthanisation en milieu liquide et sur les moyens d'améliorer la séparation liquide/solide. Ce programme sera subventionné en partie par l'Agence de Bassin Seine-Normandie. Il est prévu en outre d'aborder :

- la méthanisation de la fraction organique des ordures ménagères après tri préalable,
- la récupération de méthane au niveau des décharges contrôlées,
- la méthanisation des déchets celluloseux et des déchets animaux en vue de la valorisation énergétique pour lesquels un premier projet d'étude concertée est en cours de discussion.

Du point de vue des process industriels une étude est en cours dans le traitement des vinasses de distilleries pour l'Union Nationale des Distributeurs d'Alcool et dans celui des effluents d'abattoirs avec la SICA Centre-Sud à Guéret.

Bien entendu, parallèlement à cette recherche sur les process et les procédés, le développement d'un matériel adapté est programmé. Il serait à prévoir pour les produits solides et les ordures.

À côté de ces recherches très développées concernant la méthanisation, le Groupe de la LYONNAISE DES EAUX continue à faire d'importantes recherches dans l'application des cultures fixées aérobies pour l'élimination de la pollution carbonée et azotée des eaux résiduelles.

Il s'intéresse en outre aux possibles applications du génie enzymatique et des immunessais à l'analyse chimique et bactériologique de l'eau.

D'autres études sont lancées en collaboration avec des universitaires français dans divers domaines tels que la déphosphatation biologique des eaux résiduelles, la valorisation de la biomasse algale, etc...

## Conclusions

Le siècle qui se termine a été caractérisé par l'abandon progressif du carbone végétal renouvelable au profit du carbone fossile dans la couverture de nos besoins en combustibles et en produits humiques.

La crise des approvisionnements en énergie semble devoir marquer la fin de cette tendance. Un retour partiel au carbone renouvelable devrait constituer un fait majeur au cours des prochaines décennies.

Les sous-produits agricoles, 50 millions de tonnes de matière sèche et des industries agro-alimentaires 40 millions de tonnes de matière sèche, recèlent un potentiel énergétique important.

La fermentation méthanique est certainement le procédé qui respecte le mieux la nature, avec production d'un gaz riche et d'un compost valorisable dans l'agriculture permettant de conserver l'humus des sols et d'apporter de l'azote, du phosphore, du potassium.

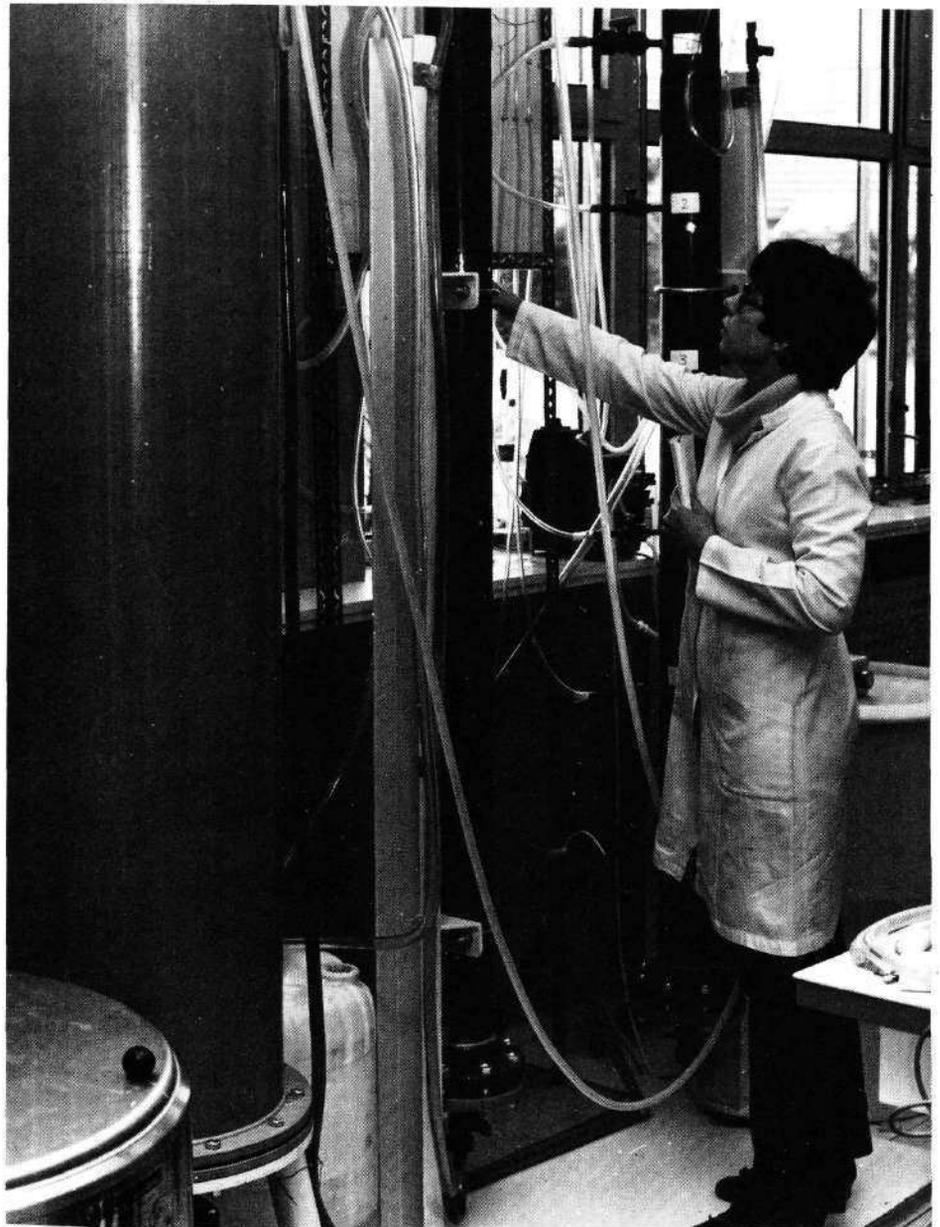
C'est un procédé fiable et utilisé depuis le début du siècle dans les stations d'eaux résiduaires urbaines. Celui-ci ne doit pas seulement être conçu comme épurateur (comme actuellement), mais aussi en tant que producteur d'énergie d'où la nécessité de réaliser des installations efficaces et parfaitement fiables (puisque alors la production industrielle devient dépendante de cette production énergétique).

Les procédés rustiques ne peuvent être retenus qu'en tant qu'épurateurs et non comme fournisseurs d'énergie.

Le procédé doit être conçu pour consommer en lui-même le moins d'énergie possible pour ne pas risquer de diminuer l'intérêt économique du procédé. Les dispositions de brassage ou de recirculation doivent être

4 - *Conserveries BONDUELLE à Renescure : installation de méthanisation des effluents -constructeur : DEGREMONT.*

(Photo Courageux)



5 - *Installation pilote de méthanisation d'eaux résiduaires urbaines au Laboratoire Central de la Lyonnaise des Eaux.*

(Photo G. Devillers)



choisies particulièrement efficaces, les pertes calorifiques réduites au minimum.

De ce fait, l'expérience de la réalisation de grands digesteurs industriels est riche d'enseignements, en particulier sur les questions de brassage, de protection contre les pertes calorifiques, de récupération et de traitement des gaz.

DEGREMONT est certainement l'entreprise qui a conçu et construit le plus de digesteurs anaérobies dans le traitement des boues de stations d'épuration ainsi que de dispositifs de récupération de gaz, soit pour produire de l'énergie électrique (Achères II et III, Lille, Nancy...), soit pour produire de la vapeur ou de l'eau chaude pouvant servir à divers usages et, en particulier, au conditionnement des boues par voie thermique (Achères IV, Bordeaux, etc...).

# LES TROIS POINTS FORTS

## wavihol

NOUVEAU SYSTÈME DE TUBES ET RACCORDS EN PVC POUR L'ASSAINISSEMENT.

CLASSÉ EN SÉRIE I - AVIS TECHNIQUE N° 17/80.01 ET AGRÈMENT SP N° 104 DÉLIVRÉS PAR LE C.S.T.B.



Le nouveau tube assainissement WAVIHOL comporte en son épaisseur une succession de trous cylindriques longitudinaux. Ce concept novateur lui confère des avantages par rapport au tube à pleine épaisseur :

- **RIGIDITÉ :**  
au moins égale, avec une résistance accrue au gauchissement et au flambage.
- **QUALITÉS TECHNIQUES SUPÉRIEURES :**  
résistance à la fatigue, au choc, à la pression interne.

- **ÉCONOMIQUE :**  
du fait d'une moindre utilisation de matière première.
- **ÉTANCHÉITÉ ACCRUE :**  
avec le manchon double femelle WAFIX équipé de joints fixes aux deux extrémités.

- **RACCORD SPÉCIAL A VIS :**  
WAVIS permet un raccordement simple et étanche.

EN VENTE AUPRÈS DES REVENDEURS  
SPÉCIALISÉS EN MATÉRIAUX PLASTIQUES  
ET DES NÉGOCIANTS EN MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION

## wavin

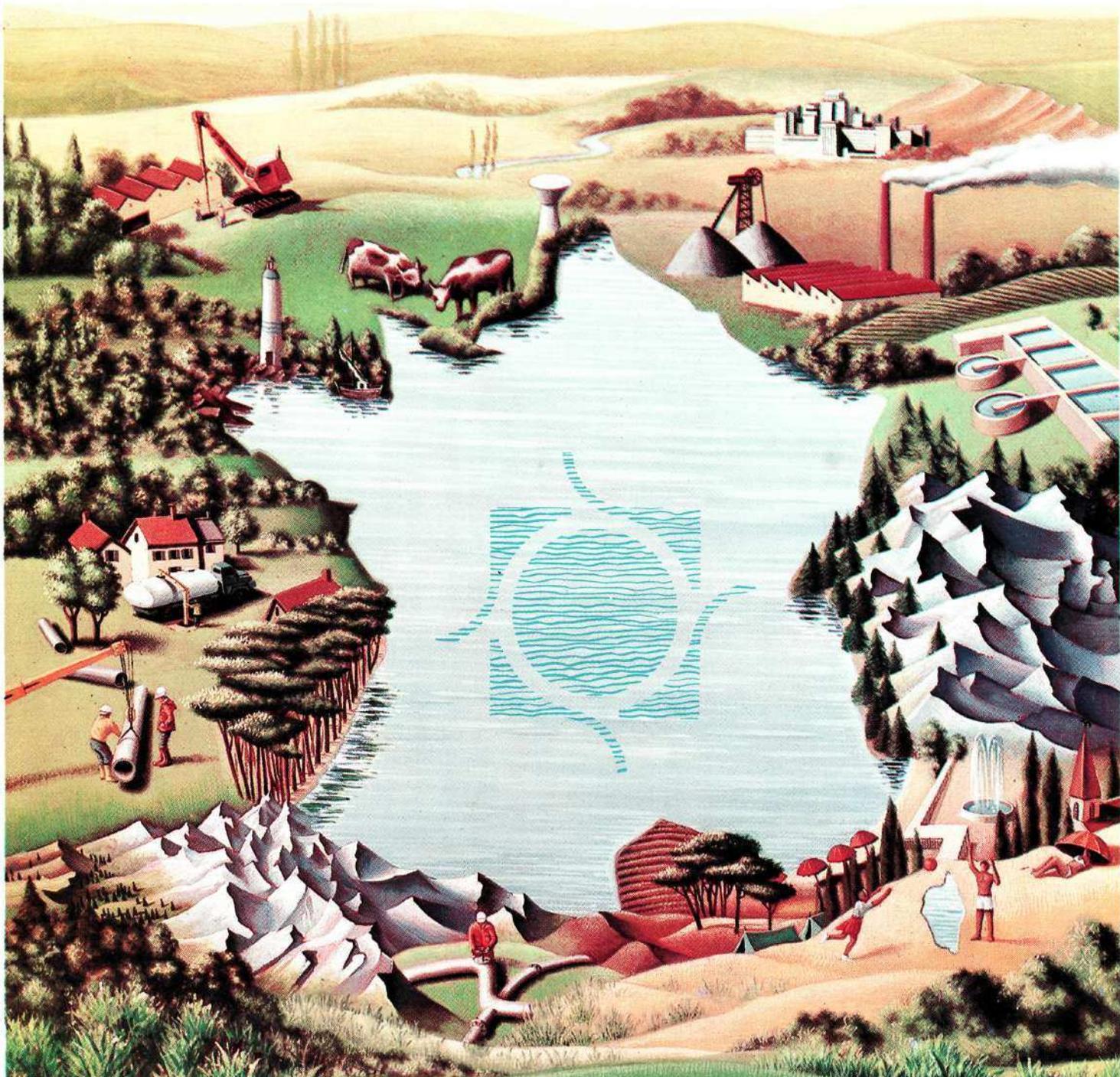
1<sup>er</sup> producteur européen de tubes et raccords en P.V.C.

BP n° 5 - 03150 VARENNES-SUR-ALLIER  
Télex 990 810 F - Tél. (70) 45-62-73

NOM \_\_\_\_\_  
FONCTION \_\_\_\_\_  
FIRME \_\_\_\_\_  
ADRESSE \_\_\_\_\_

CODE POSTAL \_\_\_\_\_  
TÉL. \_\_\_\_\_

Souhaite recevoir une  
documentation  
sur \_\_\_\_\_



## De l'eau partout en France

L'eau 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

# Fers apparents, fissurations réparation, renforcement des structures en béton

*M. Claude FERT, Directeur Technique TORKRET*

La réglementation relative aux constructions en béton armé ou précontraint découle de nos connaissances et de nos expériences. Elle permet de construire des édifices durables et sûrs. L'altération des propriétés du béton, des armatures ou de la liaison acier-béton entraîne la dégradation des constructions. Trois fois sur quatre les avaries concernent les parements. Les travaux destinés à prendre en compte des sollicitations nouvelles ou incomplètement prévues à la construction amènent dans la même proportion à une intervention sur les parements plutôt qu'au cœur des ouvrages où les possibilités sont plus réduites et plus mutilantes.

Un béton d'enrobage insuffisant ou fissuré protège mal l'acier. Des traces de rouille apparaissent sur le parement. Les oxydes produits, beaucoup plus volumineux que l'acier, provoquent le décollement du béton d'enrobage. La corrosion entraîne une réduction progressive de la section des armatures. La stabilité, la durabilité et l'esthétique ne sont pas conformes aux conditions d'origine.

## 1 Rôle protecteur du béton

La chaux libérée lors de l'hydratation du ciment rend le béton alcalin (PH 12). L'acier est naturellement passivé dans un milieu dont le PH est supérieur à 9. La protection des câbles et des armatures est massive puisqu'à l'échelle de l'épaisseur de l'enrobage et durable tant que l'intégrité du béton est conservée.

Mais si toutes les précautions ne sont pas prises cette protection peut présenter des failles. Les constituants du béton sont poreux et il existe dans l'enchevêtrement cristallin du liant durci un réseau capillaire dû à la présence de l'air occlus lors de la mise en œuvre et à l'évaporation d'une partie de l'eau de gâchage en excédant, pour des raisons d'ouvrabilité du béton frais. La saturation en eau du béton va varier engendrant des déformations.

Sous l'effet des forces de flexion, de torsion, d'effort tranchant les structures sont

susceptibles de se fissurer car la liaison acier-béton n'est pas élastique le béton se rompant en traction a une valeur d'allongement bien inférieure à celle admise dans l'acier qu'il enrobe.

Si l'environnement est agressif certains des agents d'agressions véhiculés par l'air et l'eau vont réagir avec les constituants du béton en neutralisant la chaux libre et en formant des sels insolubles de plus grand volume dont l'expansion est capable d'opérer un relâchement de liaisons établies par le liant.

## 2 Exigences

Des dispositions sont prises pour limiter les conséquences de ces phénomènes. Le béton est composé et compacté de manière à être le plus étanche possible. Les formes, les dimensions de chaque élément de la structure, les positions des armatures sont étudiées pour écarter la probabilité d'apparition de fissures.

## 3 Enrobages insuffisants

Le béton d'enrobage des armatures joue un rôle mécanique. Les efforts repris par l'armature varient dans sa longueur, cette variation est équilibrée par la liaison acier-béton. Non enrobée l'armature prend un effort axial uniforme. Il est donc prescrit un enrobage minimal égal au diamètre nominal des barres.

La réglementation exige une durée de stabilité au feu des constructions. La valeur minimale de l'épaisseur du béton d'enrobage, naturellement coupe feu, sera fixée selon la stabilité au feu désirée.

Enfin la protection durable des aciers est assurée par la charge alcaline du béton d'enrobage. Elle dépend de l'épaisseur de la couche et de son dosage en ciment.

En cas d'enrobage insuffisant une peinture pourrait protéger les armatures du contact

direct des matières agressives mais la durabilité de fonctionnement et la sécurité au feu ne pourront être rétablies que grâce à la mise en place d'un béton d'enrobage respectant les prescriptions réglementaires. Tout le problème réside dans la recherche d'un moyen d'obtenir une parfaite adhérence.

### 3.1. Bétonnage conventionnel

Le bétonnage conventionnel n'apporte qu'une coopération médiocre entre la construction d'origine et la partie nouvelle. L'utilisation de résines époxydiques assure une bonne liaison mécanique mais le plan de collage constitué de résines dont l'élasticité est fonction de la température et de l'épaisseur peut introduire des instabilités de forme. De plus en cas d'incendie cette couche perd toute résistance au-dessus de 80° C.

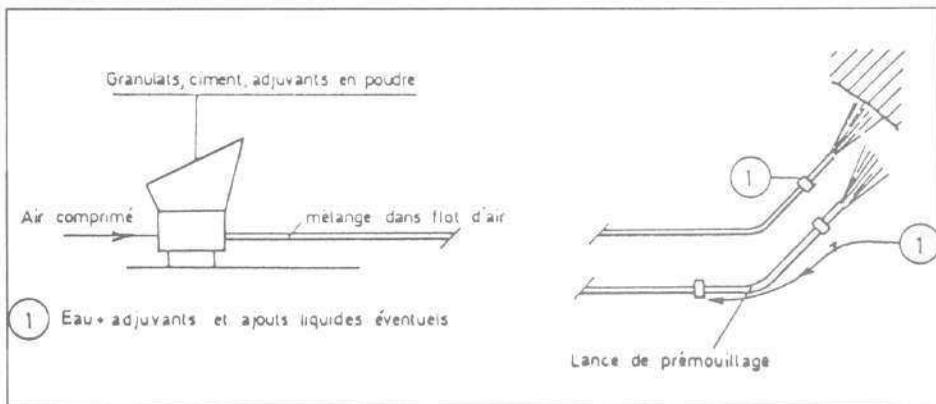
### 3.2. Liants hydrauliques modifiés

L'ajout de polymères émulsionnés dans l'eau de gâchage des mortiers ou bétons permet de surmonter le problème de l'adhérence. L'efficacité des ajouts prend effet avec l'évaporation de l'eau de gâchage. Mais la réaction peut devenir réversible dans certaines conditions d'alcalinité et d'humidité et les ajouts soumis au feu perdent toutes leurs propriétés.

### 3.3. Béton projeté par voie sèche

La projection par voie sèche à grande vitesse (80 à 100 m/s) d'un béton composé uniquement d'eau, de granulats et de ciment procure une adhérence parfaite. On rétablit ainsi la robustesse et la sécurité requises. Les essais, les expériences, l'observation des constructions confirment que les éléments sauvegardés par ce procédé plus que cinquantenaire tant en travaux neufs qu'en travaux de maintenance ou de confortement, se comportent comme ceux réalisés sans reprise de bétonnage.

En appliquant scrupuleusement toutes les procédures particulières de mise en œuvre, il est même possible de donner aux cons-



tructions endommagées une sécurité et une aptitude de service supérieures à celles de la conception d'origine. La protection des armatures est en effet renforcée par la présence dans la macro-couche d'adhérence, surdosée en ciment, d'une réserve alcaline qui diffuse dans les supports lors des échanges gazeux, aucune colle n'interdisant cette respiration alcaline.

La stabilité des formes est conservée car sous l'effet de hygrométrie, de la température, des contraintes, le béton mis en œuvre par projection se comporte comme le matériau support. La stabilité au feu découle de la nature de ses composants.

Par ailleurs, en associant au béton projeté des armatures de renfort et en mobilisant les contraintes d'adhérence acier-béton, il est possible de renforcer une structure. Enfin en formulant des bétons spéciaux composés avec des charges, des agrégats, des ciments ou des adjuvants choisis, certaines propriétés peuvent être renforcées : allègement (agrégats légers), compensation du retrait, résistance au gel, à l'eau de mer, aux sels de déverglaçage, à la corrosion ou à l'abrasion.

## 4 Béton poreux

La sénescence du béton d'enrobage intervient rapidement s'il n'est pas capable de s'opposer à la pénétration des éléments corrosifs contenus dans l'air et dans l'eau. Un béton poreux autorise un renouvellement complet et fréquent de l'eau de saturation qui véhicule du gaz carbonique réducteur de chaux et de l'oxygène indispensable au déclenchement de la corrosion électrolytique des armatures.

L'application d'un film de parement étanche peut interdire ce renouvellement. Elle sera efficace s'il reste une perméabilité à l'air suffisante de la structure et si l'alcalinité des bétons n'est pas déjà réduite. Une réalcalinisation par des substances alcalines en solution est incomplète car la durée du traitement est limitée à la durée d'éva-

poration de l'eau ou du solvant donc à quelques heures.

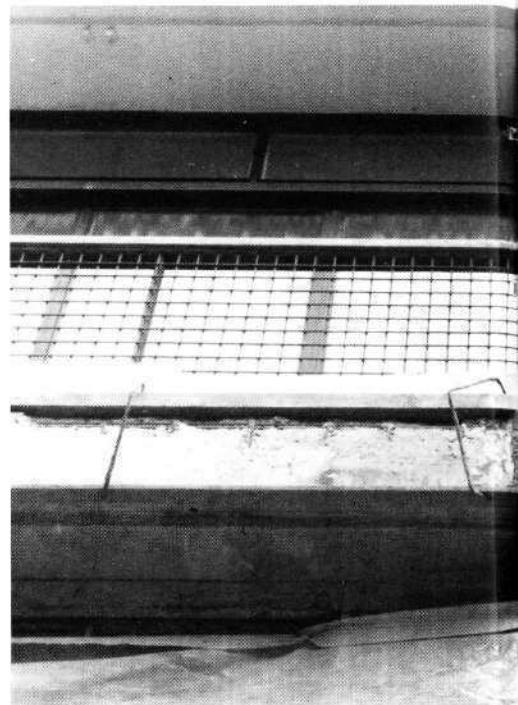
Par contre dans la projection de béton à grande vitesse (voie sèche) sur les parements désalcalinisés, le rebondissement des agrégats provoque au contact des supports un surdosage en ciment, donc une réserve alcaline permanente qui en diffusant dans le support régénèrera son Ph.

En effet le béton mis en œuvre par ce procédé ne modifie pas les conditions de respiration de la structure et rend possible de garantir une protection durable même si la projection se fait sur un béton de Ph faible, inférieur à 9.

## 5 Fissures

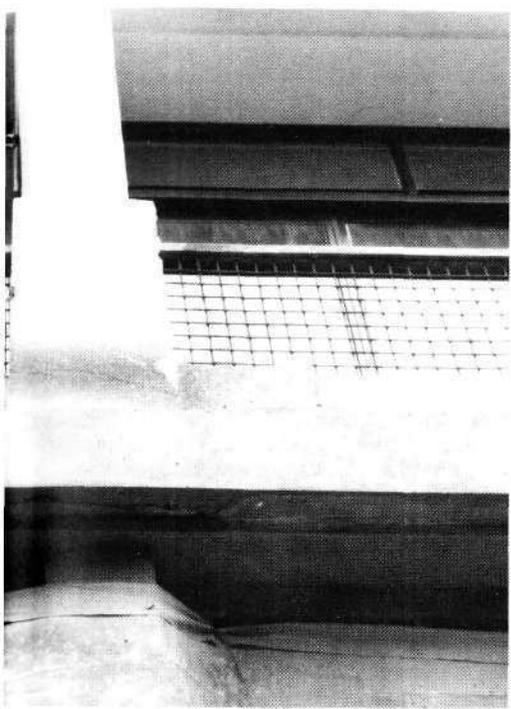
La fissuration des bétons constitue une singularité préjudiciable à la pérennité de la construction. Elle provoque une brèche dans laquelle les agents de la corrosion pénètrent directement jusqu'aux armatures. L'allongement des armatures dans les sections fissurées engendre des microfissurations du béton. La disparition du béton autour de l'armature crée par ailleurs un couple galvanique qui favorise la corrosion.

La dépassivation de l'acier est rapidement obtenue par l'activité de la fissure qui assure un renouvellement constant de la lame d'air. Dans des conditions atmosphériques très agressives en particulier dans les zones d'embruns salins ou de sels de déverglaçage on considère que le risque de corrosion des câbles ou des armatures apparaît dès 0,1 mm d'ouverture. Pour reconstituer l'intégrité du béton, il faut que la technique d'injection et le produit injecté réalisent un plein remplissage des cavités avec un matériau résistant, adhérent au béton et à l'armature. Il doit aussi assurer une protection durable des aciers ce qui suppose le développement d'une alcalinité comparable à celle du béton sinon qu'il possède des propriétés hydrophobes capables à elles seules d'interdire la corrosion de l'acier.

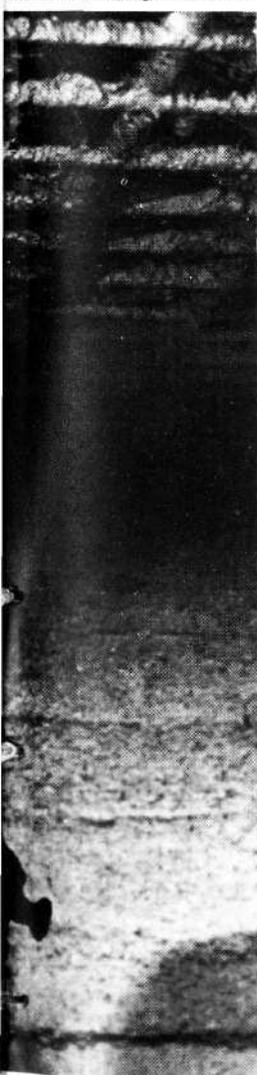


Réparation en cours d'un bandeau par projection





Béton d'enrobage (3 cm d'épaisseur).



Renforcement d'un hourdis en sous-œuvre avec une armature additionnelle enrobée d'un béton projeté adhérent.

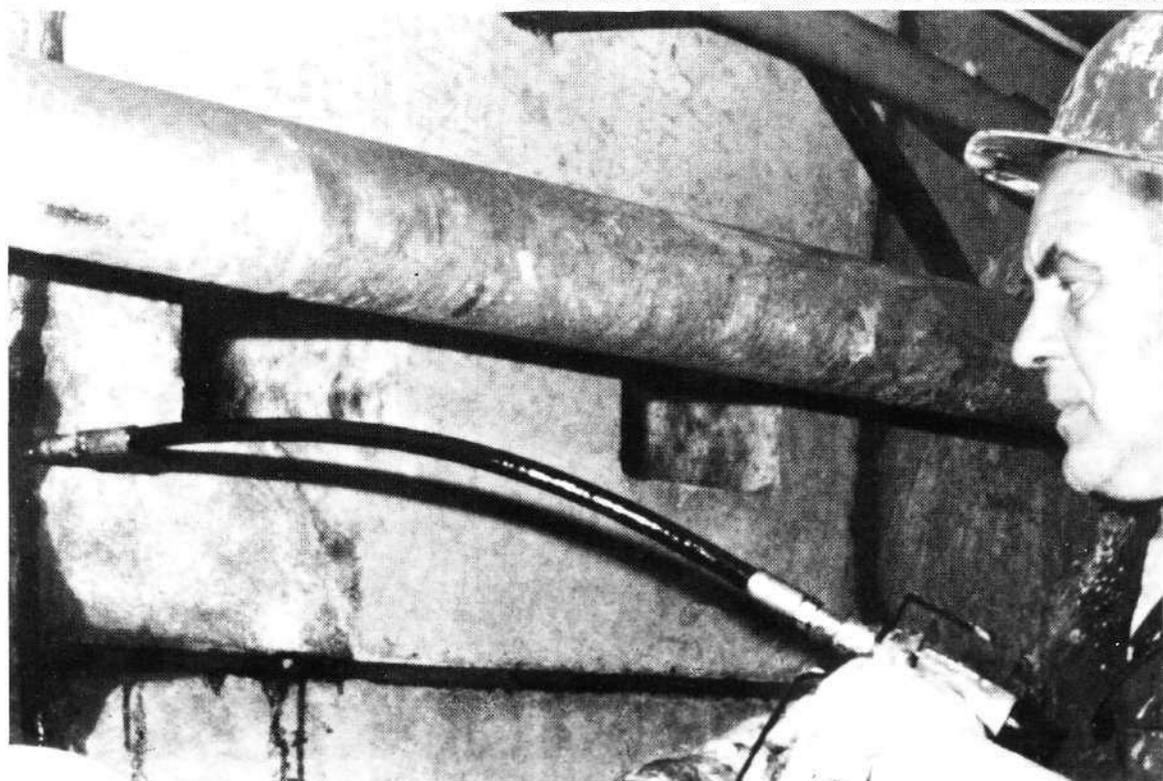
Les liants hydrauliques répondent à ces conditions, malheureusement ils ne peuvent pas remédier à toutes les altérations. Un coulis de ciment frais n'est en effet qu'une suspension minérale dans l'eau dont les performances d'écoulement sont limitées. Toutes les discontinuités disponibles ne sont pas de ce fait accessibles au coulis. Par ailleurs le coulis durci a un module de déformation inopérant là où des conditions de rupture du béton sont assurées. Si la déformation fait fissurer le béton, le coulis de ciment durci se fissurera aussi. Toutefois chaque fois que le vide à remplir laisse passer le coulis de ciment c'est lui qui sera employé en priorité pour reconstituer le monolithisme physico-chimique du béton quitte à réaliser en traitement de finition une injection de produits spéciaux.

Le domaine d'intervention des produits spéciaux est essentiellement celui de la fissuration fine. Là où les coulis de ciment ne progressent plus, ils pénètrent et ceci dans des fissures jusqu'à 0,1 mm d'ouverture seulement.

Les résines époxydiques donnent dans ce domaine de bons résultats. Ces produits possèdent avant polymérisation une grande fluidité et une bonne stabilité sous pression. Pompés sous forte pression ils accèdent rapidement dans les plus fines discontinuités y compris dans les parties comprimées pour migrer ensuite par capillarité dans les micro-fissures. Résistants,

adhérents si les surfaces ne sont pas ruisse-lantes d'eau, ils sont hydrophobes. Leur module élastique réglable permet de répondre aux singularités de fonctionnement qui prévalent dans les sections qu'ils sont destinés à remplir. Des progrès récents ont été faits dans la technique d'injection de résines. Il est en effet possible d'injecter les plus fines fissures sans interdire l'utilisation de constructions sur lesquelles sont effectués les travaux. Le traitement est effectué en contrôlant la pression et le débit d'injection alors que la température, le mélange des composants ainsi que le temps de mise en œuvre sont prédéterminés. Ceci est rendu possible grâce au préchauffage et au pompage séparé des composants de la résine thermodurcissable. Les deux composants ne sont mélangés qu'au pistolet d'injection. Ainsi sont éliminés tous les facteurs qui influencent défavorablement les performances du matériau durci. Ce procédé permet l'utilisation de résines avec des temps de réticulation très courts. Il autorise par ailleurs des longueurs de transport très importantes (au-delà de 100 m).

Injection de fissure dans une structure en béton précontraint.



# Impressions de voyage au Japon (été 1981)

par A. PAGÈS,  
Ingénieur Général des Ponts et Chaussées

Le Japon n'est plus une terre lointaine à découvrir. Chaque jour, journaux et revues économiques consacrent de savants articles à ce fascinant pays, qui pèse d'un poids si lourd sur l'économie mondiale.

Est-il, pour autant superflu, même lorsque l'on ne compte pas au nombre des auteurs habituels de ces articles, de tenter de mettre ses propres impressions au clair, dès lors que l'on a la chance d'avoir quelque peu voyagé, et d'entretenir des contacts avec des correspondants Japonais ? Est-il permis de s'engager, modestement, dans une telle voie, sous l'éclairage, complémentaire, de quelques études, de la nature de celles que la "Documentation Française" a, récemment, publiées ?

## 1 — Rappels de données géographiques

La superficie du Japon est d'environ 370.000 km<sup>2</sup>, pour une population de 118 millions d'habitants, soit les 2/3 de la superficie de la France, pour une population qui en est plus du double. Ainsi, la densité moyenne de population du Japon est triple de celle de la France. Mais, de surcroît, ce pays est un pays de montagnes pour 70 % de sa superficie, alors que chez nous, les plaines prédominent largement. Les zones plates, ou en faible pente (inférieure à 8 %), n'y comptent, en effet, que pour 110.000 km<sup>2</sup>, et se partagent en zones de culture et zones d'urbanisation, ces dernières étant de plus en plus envahissantes.

Dans ce tiers "utile du pays", la densité de population excède 1.000 habitants au km<sup>2</sup>, ce qui rejoint les taux des régions les plus peuplées du globe.

Le Japon se présente comme un archipel d'îles, étiré sur environ 2.000 km suivant la direction Nord-Est—Sud-Ouest. Il dispose d'une façade maritime qui se développe sur environ 28.000 km, le long de diverses mers (mer du Japon, mers intérieures, Océan Pacifique), qui est très indentée, et qui comporte de multiples baies, vastes et profondes.

L'exiguïté du territoire, sa nature montagneuse, et l'ouverture quasi omniprésente sur la mer expliquent la vocation maritime traditionnelle du Japon (pêche, commerce international, industries implantées dans les zones portuaires, intensité des liaisons de cabotage national...).

La situation du Japon à l'Est du continent asiatique lui confère, malgré sa latitude relativement basse, un climat assez rigoureux, chaud et humide en été, froid en hiver.

Est-ce dans ce climat, ainsi que dans toutes les contraintes d'existence sur un territoire exigu, que les Japonais ont puisé toute l'énergie de leur caractère ?

## 2 — L'urbanisation

La population se masse, entre mer et montagne, tout au long des zones côtières, et s'agglutine souvent en d'immenses agglomérations, où les villes se soudent en des urbanisations continues. Ainsi, la population du Grand Tokyo (Chiba, Tokyo, Kawasaki, Yokohama...) excède 30 millions d'habitants. Et les cités "millionnaires"

sont nombreuses. A elles seules, les trois grandes zones métropolitaines de Tokyo, Nagoya, et Kobe-Osaka, rassemblent la moitié de la population du pays.

La place est rare et chère. Ainsi :

— Faute d'autres disponibilités, les gains sur la mer, par remblaiement, ont été pratiqués, et demeurent pratiqués sur une large échelle (les gains ainsi réalisés avoisinent un total de l'ordre de 500 km<sup>2</sup>). En rabaissant les collines, et en comblant des baies voisines, les Japonais font souvent "coup double", tant au profit de la création de nouvelles zones résidentielles, qu'à celui de l'extension de leurs centres-ville et de leurs zones portuaires.

— Le logement est, en moyenne, limité à une taille modeste. Les immeubles collectifs remplacent, de plus en plus, les traditionnels petits pavillons individuels, que l'on voit construits au "coudé à coudé"

*Visite de groupe au grand Bouddha Kamagura.*



dans les jardins miniatures, et qui se font progressivement absorber par l'extension des villes. Dans ces dernières, la priorité est prise par les bâtiments industriels, commerciaux, ou de services publics.

— Très profondément touchées par la guerre, les villes Japonaises ont mis à profit la reconstruction pour abandonner leur style ancien de cités basses pourvues de constructions légères. Désormais, l'on s'oriente résolument, vers le style de l'urbanisme du centre des villes américaines, avec de très hauts immeubles, dont les structures sont renforcées suivant de stricts règlements, de façon à leur permettre de résister aux tremblements de terre. Ainsi, la valorisation de l'espace disponible est poussée à son maximum, jusqu'à l'aménagement des terrasses en terrains de sport, enclos dans de hauts grillages.

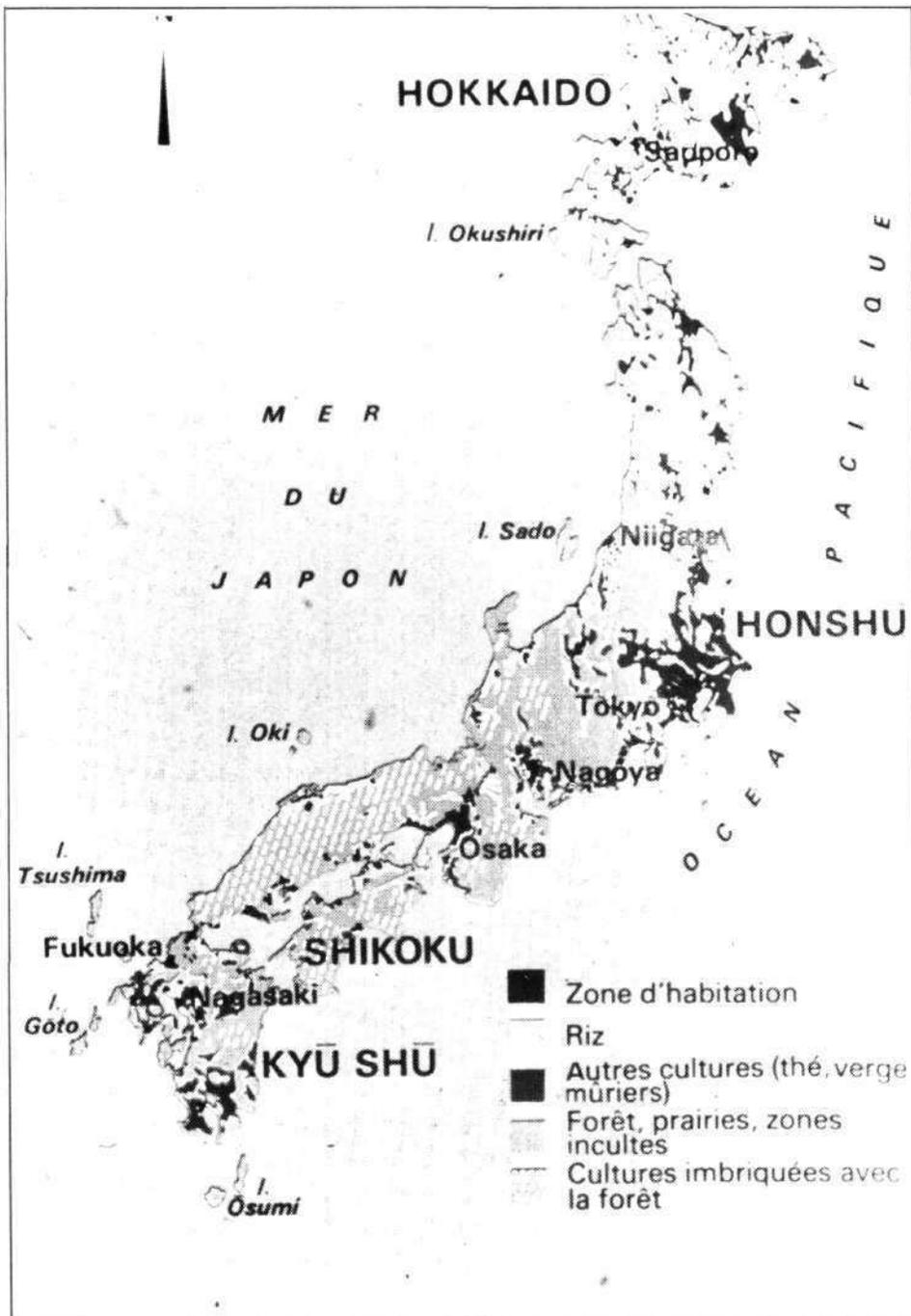
— Le sous-sol est, également, soigneusement utilisé. Les grands immeubles modernes sont pourvus de plusieurs niveaux de garages, et les grandes cités s'équipent de métros. Mais le sous-sol abrite, aussi, de très vastes galeries marchandes qui offrent un accueil confortable aux visiteurs lors des rigoureuses périodes de l'hiver. Là encore, la parenté avec les grandes villes des U.S.A. et du Canada (par exemple avec le quartier de Ville Marie à Montréal) est frappante.

### 3 — Les transports

Comme expliqué plus haut, les villes sont très grandes et se développent suivant une direction privilégiée, parallèlement à la côte. De ce fait, les trajets domicile-travail sont, en moyenne, fort longs, tant en distance qu'en temps. Ils y sont facilités par des réseaux très développés de chemins de fer de banlieue, de métros, et d'autoroutes urbaines.

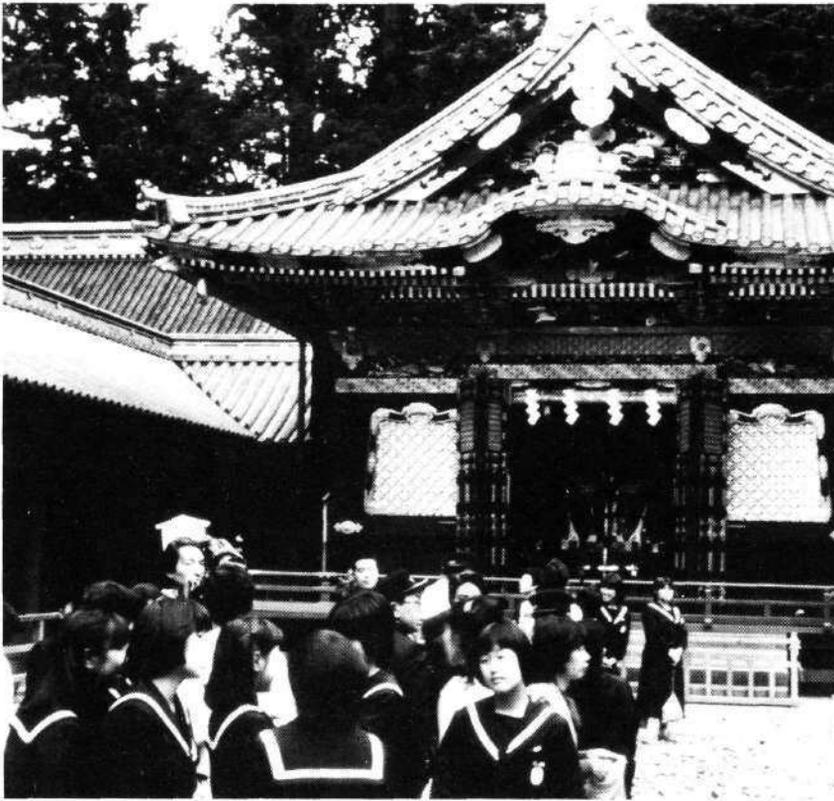
Bien entendu, les autoroutes urbaines présentent, par rapport à la voirie de surface, l'immense avantage de faire échapper l'usager à la congestion, et à la multiplicité des carrefours commandés par des feux. Mais leur insertion dans un tissu urbain dense, a très souvent imposé de les réaliser sous forme de viaducs continus, qui se faufilent entre les immeubles au niveau d'un dixième étage. Les caractéristiques géométriques (largeurs, pentes, courbes) y limitent strictement la vitesse autorisée (60 km/h à Tokyo même, 70 km/h dans sa banlieue), et les guichets de péage sont assez rapprochés.

Cette même formule de la réalisation des infrastructures de transport sous forme de longs viaducs est, souvent, retenue pour le réseau des autoroutes de liaison, à la traversée, très fréquente, des parties urbanisées. Elle l'est, de façon systématique, (en dehors des multiples passages par des tunnels, pour la grande ligne de chemin de fer côtière, le "Shinkansen". Précurseur, depuis 15 ans, du TGV français, le Shinkansen a d'abord relié Tokyo à Nagoya,



Utilisation du Sol. Doc. française architecture moderne à la sortie de la gare principale de Tokyo.





à Nikko,

Kyoto et Osaka, sur environ 500 km. Il s'étend, maintenant, sur 1.177 km jusqu'à Fukuoka et il est en cours de prolongement, tout au long de l'archipel, avec des liaisons entre îles par tunnels sous-marins. Il relie les grandes cités de la façade pacifique de l'archipel à des vitesses moyennes supérieures à 150 km à l'heure.

La stricte limitation de vitesse sur le réseau des autoroutes urbaines, qui a été notée ci-dessus, vaut, également, pour l'ensemble du réseau routier, depuis les autoroutes de liaison, jusqu'aux voiries de montagnes (ces dernières étant souvent des voies privées à péages).

Les motocyclettes semblent rares, et l'on est tenté de supposer que les puissants engins que l'industrie japonaise exporte sur nos marchés européens, ont été d'abord conçus, et construits, à cette fin. Par contre, la circulation automobile est dense, et la richesse de la gamme de la production des constructeurs japonais, n'y laisse guère de place à des véhicules importés.

#### 4 — L'économie Japonaise

Le Japon semble n'avoir guère cessé, depuis 50 ans, de vivre sous un régime de mobilisation :

- d'abord pour préparer et pour conduire la guerre contre les U.S.A.
  - puis, après 1945, pour relever le pays de ses ruines
  - et, enfin, ce dernier objectif étant amplement réalisé, pour se lancer à la conquête, victorieuse, des marchés mondiaux.
- Dans l'immédiate après-guerre, le Japon disposait encore d'une infrastructure

industrielle qui avait, jusqu'alors, été orientée sur les besoins de l'armement, mais qui demeurait susceptible, pour large partie, d'être réorientée vers les besoins de l'économie civile. L'on citera, à cet égard, diverses fabrications de précision (horlogerie, optique, électronique), où les grandes marques japonaises ont pu, immédiatement, disposer d'un vaste marché intérieur, qu'elles ont su, ensuite, utiliser comme tremplin, pour déboucher sur les marchés extérieurs.

Puis vinrent les aménagements de vastes zones industrialo-portuaires, et leur peuplement d'industries lourdes : sidérurgie, mécanique, électricité, chimie, pétrole, construction navale... Dépourvu des matières premières nécessaires à l'alimentation de son industrie, très pauvre en énergie, gravement déficitaire en produits agricoles, pourtant nécessaires à l'alimentation de sa nombreuse population, le Japon mettait à profit sa situation maritime pour s'approvisionner sur les marchés mondiaux aux meilleures conditions, et pour y exporter, ensuite, ses productions.

L'actualité est celle de l'essor triomphant, vers l'automobile, l'électronique, la robotique, les industries de pointe, et avec un fort engagement dans l'aéronautique et le nucléaire. Le Japon désire, en effet, conserver un large avantage, technique et commercial, sur ses grands concurrents occidentaux et aussi extrême-orientaux (Corée du Sud, Taïwan, Singapour, Malaisie) qui, après des débuts réalisés dans les industries légères, s'orientent à leur tour, vers la construction navale, la chimie, l'électronique, l'automobile...).

Dans sa course à la conquête des marchés mondiaux, l'industrie japonaise a su tirer le meilleur profit des longues périodes de fermeture du canal de Suez, qui ont été si pré-

judiciables aux débouchés des industries européennes, pour investir les marchés de l'Extrême-Orient, du Sud-Est Asiatique, de l'Inde, et du bassin du Pacifique.

Elle est, maintenant, suffisamment assurée pour s'attaquer aux industries occidentales sur leurs propres marchés intérieurs. Les difficultés que certaines de nos propres industries lourdes (par exemple la sidérurgie, la construction navale...) éprouvent depuis pas mal d'années, comportent, sans doute, diverses explications, au nombre desquelles l'on ne saurait omettre le dynamisme japonais. L'on connaît, de longue date, les succès éclatants de l'industrie japonaise dans les domaines de l'optique, de l'électronique, des appareils de musique, de la motocyclette.

Cependant, c'est l'automobile qui constitue l'exemple le plus actuel de cette triomphale progression. L'on citera, à titre d'exemples, le cas de l'Entreprise Toyota, qui expédie, chaque année, des millions de véhicules par le port de Nagoya. La cadence de son essor peut se trouver retracée par la séquence suivante de ses performances de production :

- 1937 : fondation de la Société.
- Période 1937 à mai 1947 : production globale de 100.000 véhicules, soit en moyenne 1.000 par mois.
- Période mai 1947 à septembre 1949 : production globale de 400.000 véhicules, soit en moyenne 2.700 par mois.
- Période septembre 1959 à juin 1962 : production globale de 500.000 véhicules soit en moyenne 15.000 par mois.
- Période juin 1962 à février 1969 : production globale de 4.000.000 de véhicules soit en moyenne 50.000 par mois.

Le Shinkansen sortant de la gare de Tokyo.



- Octobre 1978 : cadence de fabrication portée à 100.000 véhicules par mois.
- Octobre 1972 : cadence de fabrication portée à 200.000 véhicules par mois.
- Mars 1977 : cadence de fabrication portée à 250.000 véhicules par mois.
- Avril 1980 : cadence de fabrication portée à 300.000 véhicules par mois.

Ainsi, l'Entreprise Toyota a construit, en 1980, 3.300.000 véhicules, dont 1.800.000 ont été livrés à l'exportation. La même année, l'ensemble de l'industrie automobile japonaise (où Toyota intervient pour près d'un tiers), avait construit 11.000.000 de véhicules (dont 6.000.000 pour l'exportation), et avait, à elle seule, couvert le tiers du marché mondial de l'automobile.

Ce "miracle" du relèvement et de l'essor de l'économie japonaise après 1945, a donné lieu à de multiples analyses. Certains ont souligné, entre autres facteurs, l'ampleur du soutien trouvé auprès des U.S.A., pendant les premières années de la reconstruction, et l'avantage, paradoxal, d'avoir été une nation militairement défaite, et de s'être vu interdire les activités d'armement, avec toutes les charges qu'elles entraînent. Le mouvement s'est, depuis, largement poursuivi et amplifié, et il ne sera, guère original, que de tenter de reprendre les quelques explications suivantes :

## 5 — Les entreprises japonaises

Les grandes entreprises japonaises développent leur action du temps de paix, avec

le même monolithisme, la même détermination, et la même efficacité que celle dont les armées du Mikado ont su administrer la démonstration, en différentes occasions, lors du temps de guerre.

Elles constituent de vastes ensembles où l'ouvrier et l'employé passent leur carrière, et trouvent tout ce qui leur est nécessaire dans leur vie courante (logement, écoles de formation, centres de vacances et de retraite, hôpitaux, ensembles sportifs...). Même si elle peut apparaître pesante à certains, l'ambiance générale est celle d'un patriotisme d'entreprise, développé et entretenu à tous les niveaux de la hiérarchie, basé sur un profond sentiment de solidarité et de communauté d'intérêt. Il en résulte un consensus tendu vers le travail, la productivité et la qualité (boîtes à idées, cercles de qualité...).

Les horaires théoriques de travail, les droits à congés semblent, à priori, voisins de ceux des pays occidentaux, mais :

- l'exécution des heures supplémentaires, suivant les impératifs de la production est fréquente ;
- les taux d'absentéisme sont faibles ;
- les arrêts de travail, pour conflits sociaux, sont rares.
- Les droits à congés annuels ne sont souvent pris que pour fraction surtout par les cadres... ou bien ne sont exercés que pour éviter des mises en congés de maladie.

Au niveau de la Direction, les qualités les plus frappantes sont celles de l'organisation et de l'initiative. Elles se développent au sein de vastes groupes, qui sont souvent liés à des établissements bancaires et

à des Sociétés commerciales d'exportation, et toujours, avec le soutien tutélaire des administrations.

Les bureaux d'études rivalisent en imagination et innovation, tandis que les cadres commerciaux parcourent, infatigablement, le monde. Pour leur part, l'ouvrier, l'employé, effectuent leur tâche avec conscience et précision, même s'il s'agit de tâches fastidieuses se situant à des niveaux sensiblement inférieurs à celui de leur formation.

Dès avant l'engagement sur les marchés étrangers, un climat de compétition sévère prévaut au Japon même, entre les diverses entreprises, qui y mobilisent toutes leurs forces, de la direction générale à la base. Il en résulte une première sélection, pour celles de ces entreprises qui poursuivent à la conquête des marchés étrangers.

Assurément, la situation rappelée plus haut ne vaut, strictement, que pour les grandes entreprises, qui ne rassemblent qu'une fraction du personnel employé, de l'ensemble du pays. De nombreuses entreprises de sous-traitance gravitent autour des grands groupes. Et, certes, le personnel s'y trouve dans des positions beaucoup plus précaires, et moins favorisées matériellement, que le personnel permanent des grands groupes. Il réside, là, un autre facteur de modicité relative pour le coût de la main-d'œuvre au Japon, avec des disponibilités de larges troupes de suppléants.

## 6 — Les Japonais

Le climat de compétition qui a été évoqué ci-dessus, s'étend sur toute la vie du Japonais, depuis ses années d'école, lorsqu'il lui faut tenter d'être admis dans les établissements les plus renommés, puis au cours de ses études, pour l'obtention des qualifications et diplômes recherchés, et enfin, tout au cours de sa vie professionnelle, tant par adhésion aux objectifs généraux de l'entreprise, que par nécessité de carrière. Dans l'ensemble, le niveau de formation est élevé, même pour les emplois les plus modestes, et il n'existe pas, au Japon, de main-d'œuvre immigrée à laquelle les tâches peu convoitées seraient abandonnées (cette observation de l'absence de main-d'œuvre immigrée ne vaut pas, strictement, pour environ 1/2 million de Coréens, qui sont en fait assez proches, ethniquement, des Japonais).

Comparés aux salaires occidentaux, ceux, annoncés par l'industrie japonaise n'apparaissent nullement, à première vue, comme anormaux, et sont très supérieurs à ceux en vigueur dans les différents pays du Sud-Est Asiatique. Mais :

- La traduction des salaires des personnels des grandes entreprises, en monnaies occidentales, est faussée par valeur élevée du yen, sur les marchés des changes, tout au moins par rapport au Franc Français.
- Il ne semble pas que ces salaires, nominalement substantiels, correspondent, sur le plan local, à des pouvoirs d'achat élevés en proportion. En effet, toutes les presta-



tions et fournitures (transports, nourriture, hôtels, restaurants, vêtements, logement, instruction, articles en vente dans les magasins...) semblent fort chers, une fois opérée la conversion des prix cités, en Francs Français.

— Même les objets dont le Japon envahit le monde entier (calculatrices électroniques, optiques, perles...) sont proposés dans les boutiques locales "hors taxes" à des prix presque aussi élevés qu'ils le sont à l'autre bout du monde. Cela signifierait-il que l'industrie japonaise s'appuie sur un vaste marché intérieur, captif et fidèle, pour moduler ses prix à l'exportation ? Cela signifie-t-il que le patriotisme du particulier le conduit à élever une seconde barrière, contre la pénétration des produits étrangers, qui viendrait doubler les barrières douanières, et techniques, qui sont élevées, de concert, par l'Administration et les organisations professionnelles patronales ?

Certes, à force d'investissements, de travail et de succès commerciaux, les Japonais ont vu leur pouvoir d'achat progresser régulièrement, depuis la fin de la période de reconstruction, et ils commencent à profiter des richesses ainsi acquises, par exemple pour effectuer des voyages de tourisme à l'étranger. De même, une partie de l'abondante production automobile n'est pas exportée, et est livrée à l'usage privé local. Mais la partie du revenu national livrée à la consommation individuelle demeure, sans nul doute, inférieure à ce qu'elle est dans les pays occidentaux :

— Le logement semble, dans l'ensemble relativement modeste, n'être pourvu que d'un mobilier succinct, n'être que peu chauffé en hiver. Le principal luxe y réside, sans doute, dans l'abondance des objets produits par les industries locales de l'optique et de l'électronique.

— Un rapide parcours des zones touristiques (mer, montagne), à proximité des grandes agglomérations, ne laisse guère l'impression que les moyens de séjour (résidences secondaires, hôtels de séjours), y soient développés à l'échelle de la dimension de ces agglomérations.

En résumé, le Japonais semble s'être, jusqu'à maintenant, satisfait d'un train de vie assez austère, ceci dans les diverses couches de la Société.

## Conclusion

Un rapide passage au Japon laisse l'impression d'une ruche bourdonnante, surpeuplée, passionnément adonnée au travail.

Ainsi, le Japon peut offrir, au monde entier, des productions de masse et de qualité, à des conditions compétitives. Et l'ouverture des débouchés qu'il s'ouvre, ainsi, lui permet, chez lui, de développer l'emploi, de contenir le chômage à un très modeste niveau, et d'accumuler les surplus commerciaux.

Pays surpeuplé, sur le territoire exigu de son chapelet d'îles, pays dépourvu de



Visite guidée des écoliers à la sortie du grand temple de Tokyo.

### Kannon d'Azakusa.



richesses minières, et peu capable de nourrir sa population avec les seuls produits de son sol, mais nation hautement industrielle et énergétique, le Japon a su répondre aux défis de l'économie moderne, et, notamment, aux défis pétroliers, bien au-delà de ce qu'aurait exigé le simple équilibre de sa propre balance des comptes... ce dont celle de ses partenaires commerciaux ne va pas sans éprouver quelques répercussions.

Certes, l'on peut discuter des conceptions et des conditions d'existence de l'individu qui, de l'école à la retraite, vit dans une atmosphère permanente de tension et de compétition, et qui longtemps, n'a retiré, des fruits de son labeur, que le minimum nécessaire à son train de vie, et à l'agrément de ses loisirs, le reliquat de ces fruits étant, d'autorité, placé dans l'investissement et l'expansion.

Tout au moins, il s'agit là d'un fait qui doit être constaté et apprécié comme revêtant une importance majeure, et comme posant problème à nos économies occidentales, qui visent à l'entretien de niveaux de vie sensiblement plus élevés, pour les différentes couches de leur population, avec des conditions d'existence et de labeur beaucoup moins tendues.

Pour leur part, les dirigeants de l'économie japonaise ne dissimulent pas toute la satisfaction qu'ils retirent de leurs succès, ou leurs ambitions pour l'avenir.

L'on citera, à cet égard, les conclusions de l'allocation que le Président d'une grande Chambre de Commerce adressait, tout récemment, aux participants d'un congrès international qui se tenait dans sa ville :

*"Il y a un millénaire, le Japon a embrassé la culture chinoise, l'a assimilée, et l'a surpassée. Il y a environ un siècle, nous sommes entrés en contact avec la culture européenne, nous l'avons assimilée, et nous l'avons surpassée. Depuis la fin de la guerre, nous avons étudié la culture américaine, nous l'avons assimilée, et nous sommes, maintenant, en voie de la surpasser."*

Ne s'agit-il pas, là, de l'aveu d'un certain impérialisme économique, quelque peu dédaigneux du retard pris par de vieilles civilisations, et qui succède à l'impérialisme militaire d'autrefois ? Noncée sans détour, une telle proclamation doit rappeler, aux Français entre autres, que leur Pays se trouve actuellement placé dans une situation de guerre économique, et que le Japon n'est pas seul à la leur livrer, loin de là.

*Direction Départementale de l'Équipement du Gard*

## **GRENOBLE : UN PONT POUSSÉ SUR LE DRAC**

### **Une voie nouvelle : U 6**

Le schéma de voirie de l'agglomération grenobloise prévoit la réalisation progressive d'un réseau de voies rapides comportant 3 pénétrantes à caractère autoroutier aboutissant à une rocade de contournement, dont l'achèvement fait l'objet d'une priorité absolue (U 2 et U 5).

Une voie nouvelle, dite U 6, doit relier les communes périphériques de Fontaine, Seyssinet-Pariset et Seyssins à ce contournement Sud : elle franchira le Drac pour aboutir au carrefour du Rondeau et rejoindre ensuite U 2 et U 5.

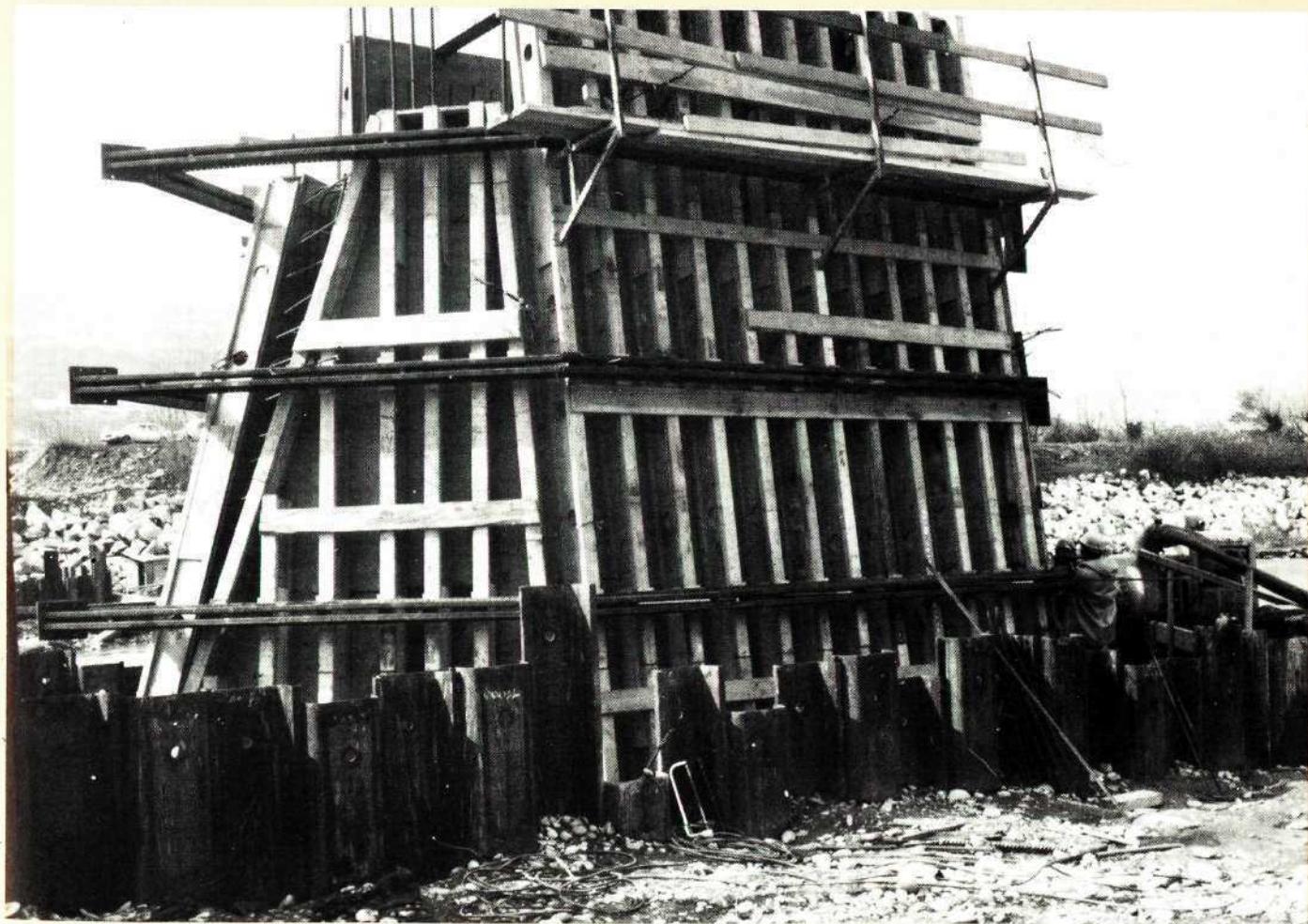
Les traversées du Drac étant saturées aux heures de pointe, aux points de passage actuels, le nouveau pont sur le Drac permettra aussi de mieux structurer les flux de circulations dans les communes de Seyssins, Seyssinet-Pariset et Fontaine, et facilitera le développement urbain de cette rive gauche du Drac, tel qu'il est prévu dans le SDAU de la région Grenobloise et dans les POS.

### **Un pont sur le Drac de 120 m de long**

Les acquisitions foncières et les études techniques préalables ont été menées en

1979 par la DDE de l'Isère pour le compte du département de l'Isère maître d'ouvrage, et pour un coût de 900 000 F, subventionné à 30 % par l'État.

En mai 1980, un appel d'offres restreint avec variantes limitées a été lancé ; la solution de base était un ouvrage mixte béton-acier à 2 travées de 59 m chacune ; étaient admises des variantes en béton précontraint à 3 travées. Douze offres furent présentées, et c'est la proposition de l'entreprise DRAGAGE et TP qui a été retenue, soit un tablier en béton précontraint à deux âmes, réalisé par poussage successifs d'éléments préfabriqués. Cette solution restait moins chère que la plus avantageuse des propositions d'ouvrage métallique. D'autre part, la compétence de l'entre-



# réalisations dans les D.D.E.

prise en matière de poussage retint l'attention.

En effet, l'entreprise a déjà réalisé une série d'ouvrages poussés importants : viaducs pour la SNCF (TGV), pont sur l'Adour à Bayonne, viaduc de St-Isidore à Nice. Elle pouvait de plus amoindrir ses coûts en réutilisant du matériel provenant de chantiers antérieurs, et assurer une rentabilité à ce projet, bien qu'il s'agisse d'un ouvrage de 120 m de long seulement.

Le marché fut approuvé en novembre 1980, pour un montant de 9,475 MF et pour une durée de travaux de 12 mois, soit jusqu'à fin 1981.

## L'ouvrage

Il s'agit d'un ouvrage en béton précontraint de 118 m de portée, à trois travées (38 m - 42 m - 38 m) et deux piles en rivière.

**Fondations :** — Le sol de fondation est constitué de galets et graviers sableux, avec la présence d'argile à environ 10 m sous le lit du Drac. Ce sol nécessitera la réalisation de pieux de 1,20 m de diamètre :

- 5 pieux sous piles, de 15,5 m de long,
- 4 pieux sous culée, de 18 à 21 m de long

**Appuis :** — Les deux piles en rivière, hautes de 9,10 m, reposent sur des semelles d'1 m d'épaisseur. Elles ont été dessinées avec le concours d'un architecte, et visent à mettre en valeur le tablier.

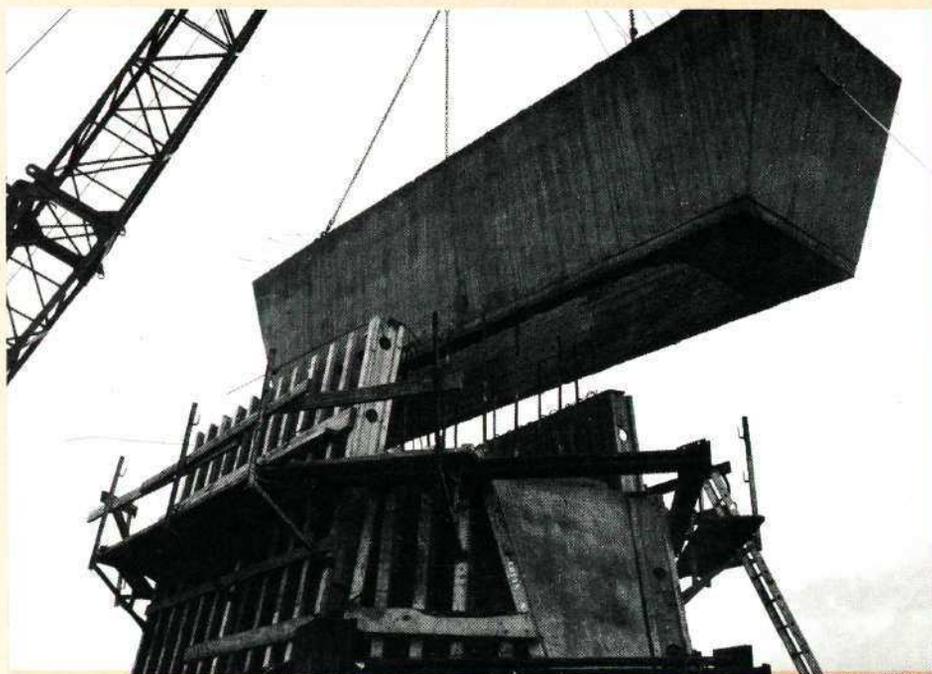
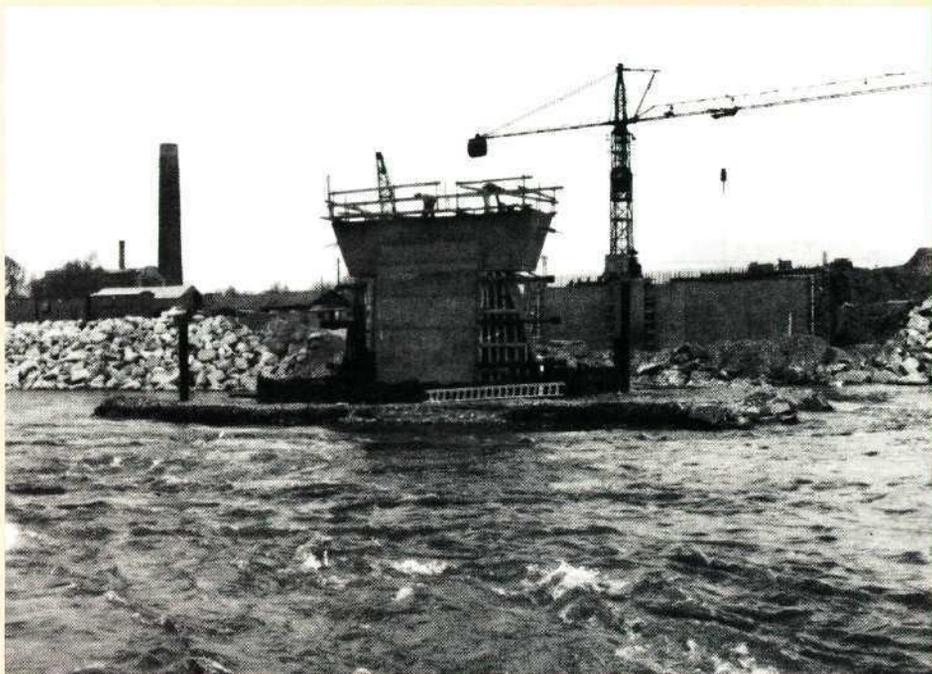
— Réalisation des piles :

- bétonnage de fût de pile jusqu'au niveau du chevêtre ;
- préfabrication d'une enveloppe-caisson de chevêtre mise en place à la grue sur le fût ;
- bétonnage de l'intérieur du chevêtre ;
- achèvement du fût de pile au niveau du chevêtre.

— La culée rive gauche est un simple massif en béton armé.

— La culée rive droite est un caisson de 5,50 m de haut, qui sert aussi d'appui à la dalle du passage inférieur d'une des bretelles de l'échangeur proche. Cette culée n'est que partiellement réalisée afin de permettre le poussage du tablier à partir de cette rive.

**Le tablier :** — Il s'agit d'un caisson de hauteur constante, à deux âmes, et



large de 18,40 m au niveau du hourdis supérieur (ce qui constitue un record pour un mono-caisson). Les âmes ont 60 cm d'épaisseur en travée, et 105 cm d'épaisseur sur pile. Le tablier est préfabriqué en 8 éléments de 15 m de longueur chacun ; il supportera une chaussée de 2 x 7 m. Les garde-corps en acier galvanisé ont été dessinés par l'architecte du projet, dans le souci de donner une ligne esthétique à l'ouvrage.

## La mise en œuvre : préfabrication et poussage

Depuis son invention en 1960, la technique de poussage des ponts en béton précontraint a connu un développement technologique qui a permis :

- de réaliser des ouvrages de franchis-

# réalisations dans les D.D.E.

sement de très grande longueur, permettant la mise en mouvement de masses de plusieurs dizaines de milliers de tonnes avec toute la précision requise ;

— de franchir des portées allant jusqu'à 80 m (voire jusqu'à 150 m à l'aide d'appuis provisoires) ;

— de réduire d'une manière importantes les délais d'exécution et les coûts, par rationalisation des cadences de construction.

## LA MÉTHODE

Le tablier est construit en 8 éléments coulés sur la rive et assemblés par précontrainte, formant ainsi un caisson continu qui progresse par poussages successifs au-dessus des appuis, jusqu'à sa position définitive.

Chaque élément exécuté puis poussé, libère l'aire de préfabrication et un nouveau tronçon est exécuté au contact du précédent. Ce procédé répétitif permet une préfabrication à poste fixe : l'aire de préfabrication peut alors être conçue de manière à simplifier au maximum chaque opération élémentaire. Des dispositifs de glissement sont mis en place pour ne pas compromettre la stabilité

des piles en cours de poussage : au sommet de chaque pile, à l'aplomb des âmes de la poutre poussée, est installé un massif de béton recouvert d'une tôle d'innox. Lors du poussage, des plaques de néoprène recouvertes d'une couche de téflon sont insérées entre le tablier et la tôle d'innox ; elles accompagnent le tablier pendant son déplacement. Une plaque est introduite par l'arrière pendant que la précédente s'échappe par l'avant et y est récupérée ; en répétant successivement cette opération, on assure un poussage continu du tablier.

## LA PRÉCONTRAINTÉ

Le tablier est réalisé par éléments de 15 m de longueur. Le tracé moyen des câbles de précontraintes est rectiligne et centré par rapport au centre de gravité de la section. Les efforts de précontrainte engendrent une compression uniforme qui annule les contraintes de traction alternées qu'une même section subit hors du poussage. Ces câbles sont logés dans les hourdis, ce qui réserve les âmes pour des câbles à tracé ondulé qui seront tendus après mise en place de l'ouvrage. La précontrainte centrée,

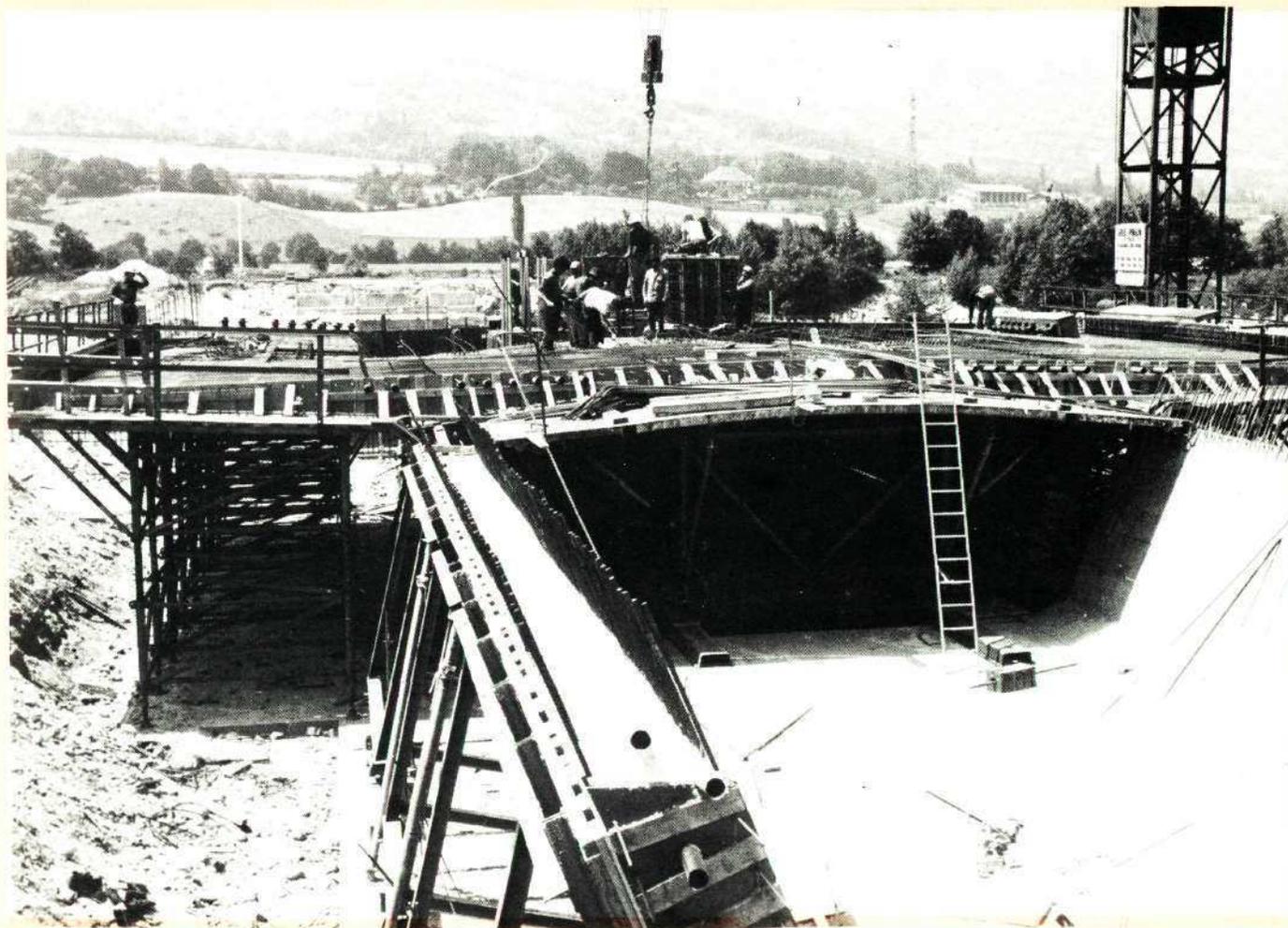
dimensionnée de façon que la structure subisse des contraintes admissibles lors de la mise en place, participe également à la résistance de l'ouvrage en service.

## L'AVANT-BEC MÉTALLIQUE

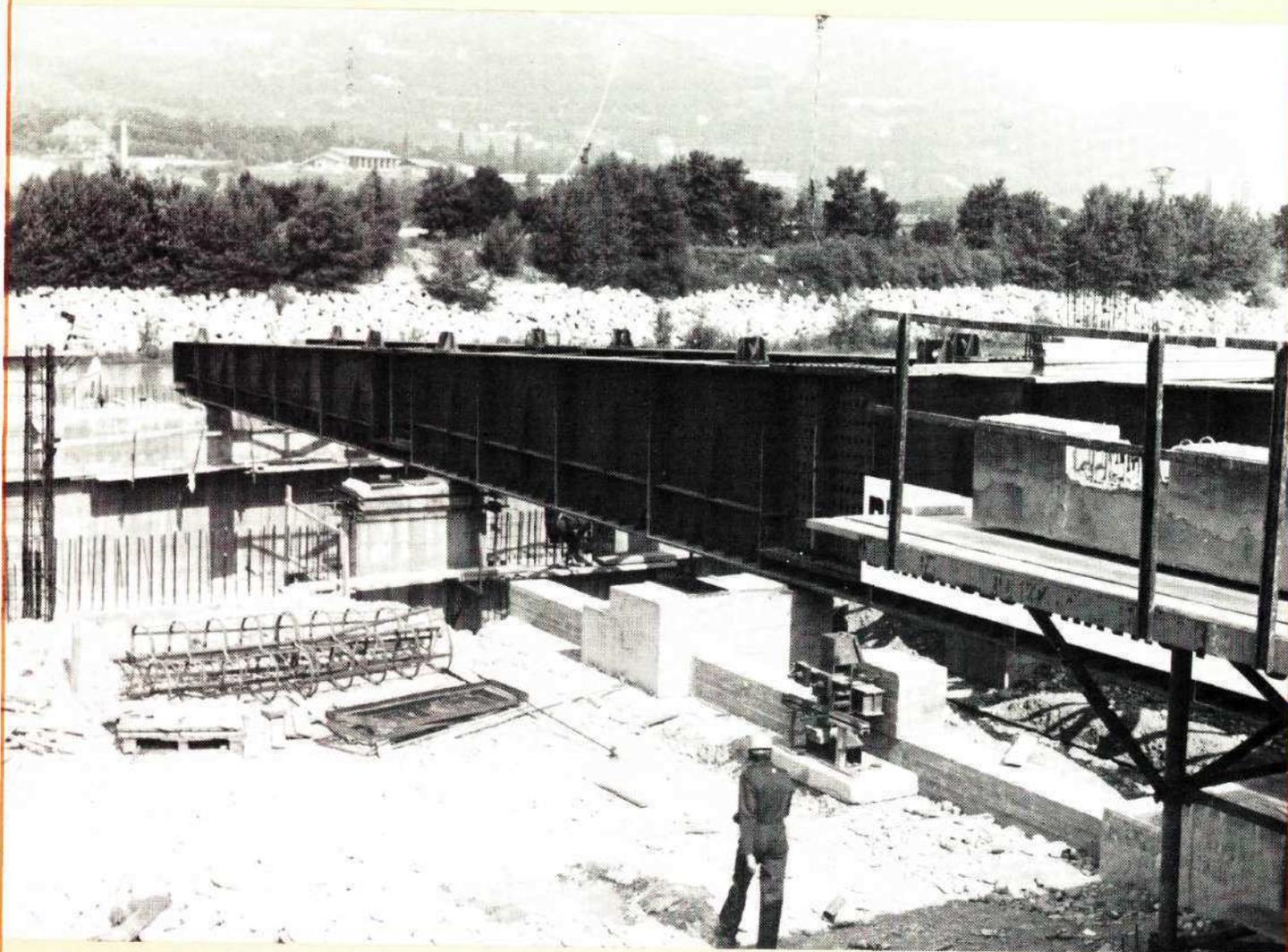
Son rôle consiste à soulager les efforts de porte-à-faux que subit un élément en appui quand l'élément précédent n'est pas encore en appui sur la pile suivante. Sans avant-bec, l'effort de porte-à-faux, correspondant à la longueur entre deux appuis, serait sans rapport avec les sollicitations de l'ouvrage définitif en service. Par un choix judicieux des caractéristiques de la structure métallique de l'avant-bec, on parvient à ramener les efforts dans le béton à des valeurs admissibles, quel que soit le degré d'avancement de l'ouvrage.

L'avant-bec doit être suffisamment léger pour que le moment de porte-à-faux, avant accostage sur la pile suivante, reste acceptable dans le tablier ; de plus sa rigidité doit être importante afin de limiter les efforts dans les sections de béton adjacentes.

L'avant-bec qui a été utilisé sur l'ouvrage mesurait 38 m de long, soit la longueur d'une travée de rive.



# réalisations dans les D.D.E.



## LA PRÉFABRICATION

L'aire de préfabrication du tablier, en rive droite du Drac, est divisée en 3 zones. Il s'est avéré nécessaire en effet de répartir l'activité en 3 postes distincts, pour accélérer le déroulement des tâches élémentaires :

- zone de préfabrication du hourdis inférieur et des âmes ;
- zone de préfabrication du hourdis supérieur sur le "berceau" (réalisé dans la zone précédente puis poussé) ;
- zone de poussage où se déplace le dispositif d'ancrage des câbles de traction.

L'aire de préfabrication est organisée autour de deux longrines de fondation en béton armé, qui transmettent au sol les charges provenant des coffrages et du tablier, en fonctionnant en poutre sur sol élastique.

Une grue-tour assure la manutention du matériel de chantier.

## LE DISPOSITIF DE POUSSAGE

Ce pont présente une originalité : le

poussage ne s'effectue que d'un seul côté, de la rive droite vers la rive gauche.

La culée rive droite sert de point d'appui au système de poussage, constitué essentiellement par un vérin de type annulaire. Un câble traverse la culée, passe sous le tablier, et prend ancrage sur un peigne traversant le tablier.

Le vérin est adapté de façon à bloquer les torons du câble par des clavettes. Lorsque le piston progresse, les clavettes entraînent le câble, puis le retiennent pendant que le piston revient. Le poussage s'effectue ainsi d'une manière continue dans l'intervention sur le vérin ou sur le câble.

Après le poussage d'un élément, l'ancrage du câble a avancé de 15 m vers la culée. Avant de procéder au poussage suivant, on ramène le câble à sa position initiale par un chariot sur voie et on déplace le peigne amovible à la grue.

Le système présente une sécurité satisfaisante pour le personnel ; en effet, en cas de rupture accidentelle du câble, il resterait en place entre les longrines et

la surface du tablier, alors que les ouvriers opèrent sous les encorbellements.

Les travaux ont commencé début janvier 1981 et se sont déroulés sous la surveillance de la Cellule départementale des Ouvrages d'Art de la DDE de l'Isère ; le poussage du 1<sup>er</sup> élément a eu lieu en juillet 1981, puis les différents éléments ont été poussés au rythme d'un poussage tous les 10 jours environ. La rive gauche du Drac a été atteinte le 15 octobre 1981.

Au bilan de cette réalisation, il faut souligner que l'utilisation de la technique "préfabrication/poussage" a permis de respecter totalement les délais et les coûts. Cette technique assure en effet une réduction maximale des aléas de fabrication et une rationalisation des cadences de construction, et donc une maîtrise du planning de réalisation.

**P. DIENY — J.-C. VEBER**  
Direction Départementale  
de l'Équipement de l'Isère

## Iu pour vous

### "La social-démocratie en questions"

Une conception particulière du parti ouvrier lié aux masses par la réalité syndicale. La dérive droitière de socialistes au pouvoir. Une façon humaine de gérer le capitalisme. La revendication du lien essentiel entre révolution économique et démocratie politique. Ce seul mot de "social-démocratie" charrie plus d'un siècle d'histoire, des préjugés, des expériences diverses, des malentendus, des victoires de la classe ouvrière ; Lénine en son temps ne se disait-il pas "social-démocrate", comme peut le faire tout aussi légitimement Schmidt aujourd'hui !

Les analyses sont multiples et le débat reste ouvert. Mais après la victoire de François Mitterrand (qui n'hésite pas à se qualifier de social-démocrate), la victoire des socialistes et de toute la gauche en France, la question revêt des intérêts nouveaux. Aussi, après "Feux croisés sur le stalinisme", la R.P.P. propose : "**La social-démocratie en questions**" qui regroupe les réflexions de socialistes, de sociaux-démocrates et de communistes italiens et espagnols sur le mouvement ouvrier européen, la social-démocratie et le passage au socialisme.

Analyses historiques, élaboration théorique et stratégie politique sont intimement liées. Les exposés historiques, pour leur part, démontrent effectivement l'actualité des "vieux débats". Les échecs de la social-démocratie à travers la 2<sup>e</sup> Internationale, ou les dévoiements de la 3<sup>e</sup>, induisent d'une certaine façon la réalité d'aujourd'hui, et fournissent des concepts utilisables encore actuellement. A ce titre les chapitres d'Alain Bergounioux par exemple ("Kautsky-Lénine : la question de la démocratie") ou celui de Colette Audry ("Internationales" et "Front unique"), ne constituent pas de simples rappels historiques pour érudits.

Quant aux passages sur les expériences modernes social-démocrates, elles redoublent d'une certaine manière et développent la question des rapports entre la social-démocratie et le pouvoir, et celle de la liaison avec l'évolution du capitalisme. Problèmes que mettent en perspective les exposés de Christian Goux et de Jacques

Delors en particulier, d'une manière plus théorique.

Carl Lidbom (ancien ministre d'Olof Palme), dans son bilan de 44 années de pouvoir, est d'un grand enseignement. Et l'ensemble des chapitres sur les différentes expériences (la cogestion en Allemagne par Albert Gazier et Horst Heidermann, ou le problème de l'environnement exposé par Erik Holst, ministre danois) présente la social-démocratie actuelle dans sa diversité.

Enfin, l'intervention de Fernando Claudin sur l'eurocommunisme, puis celles de Lionel Jospin et de François Mitterrand, posent le problème de l'arrivée de la gauche au pouvoir en Europe. Les textes manifestent une certaine vigueur dans les critiques à l'égard du P.C.F. et émettent certaines réserves vis-à-vis des eurocommunistes. Ainsi, malgré la volonté de dégager des convergences réelles et le sentiment de la nécessité de donner cohérence au mouvement ouvrier qu'il exprime, le discours de François Mitterrand, en particulier, est très incisif.

Cependant, la participation de communistes européens à cet ouvrage, (poursuivant en cela l'attitude d'autres membres du P.C.E. et du P.C.I. lors de l'ouvrage sur le stalinisme) confirme une évolution dans le mouvement ouvrier européen. Joan Vintro (dirigeant du P.C.E.) avait souhaité "que les partis socialistes fassent aussi leurs comptes avec leur passé". "**La social-démocratie en questions**" est un élément de cette critique du passé, mais aussi un instrument pour inventer et construire l'avenir.

Avec la collaboration de :

François Mitterrand, Michel Charzat, Jacques Delors, Roger Fajardie, Christian Goux, Lionel Jospin, Gilles Martinet, Jean Poperen, Jean Pronteau, Madeleine Reberieux, etc...

## Formation continue

### EQUIPEMENT URBAIN

L'alimentation en eau potable  
Ressources, pompage, traitement.

mardi 2 au jeudi 4 mars 1982 Paris

#### RESPONSABLES

M. Claude **LEFROU**, Directeur AFB Seine-Normandie.

M. Jean-Pierre **MOREAU**, Directeur Général STV Limoges.

La conception des vrd dans les opérations d'habitat individuel

mardi 9 au jeudi 11 mars 1982 Paris

#### RESPONSABLES

M. Pierre **CHISS**, Directeur Général STV Beauvais.

M. Jacques **MARCHAND** STU.

La conception des réseaux d'assainissement

mardi 16 au jeudi 18 mars 1982 Paris

#### RESPONSABLES

M. Christian **COSTE**, Secrétaire Général 23<sup>e</sup> Circonscription Territoriale Inspection Générale des DOM.

M. Thierry **GUICHARD**, Directeur du Service Assainissement Communauté Urbaine de Bordeaux.

La gestion des eaux

mardi 27 au jeudi 29 avril 1982 Paris

#### RESPONSABLES

M. Claude **LEFROU**, Directeur AFB Seine-Normandie.

M. François **VALIRON**, Directeur du CER-GRENE ENPC.

Le traitement et la valorisation des déchets urbains

mercredi 2 au vendredi 4 juin 1982 Paris

#### RESPONSABLES

Mme Jacqueline **ALOISI de LARDEREL**, DPP Ministère de l'Environnement.

M. Jean **SALAUN**, Directeur Général STV Alençon.

## DECISIONS

M. Armand **TOUBOL**, I.P.C., en service détaché auprès du Port Autonome de Dunkerque, est, à compter du 1<sup>er</sup> janvier 1982, 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 Compagnie Générale de Travaux d'Hydraulique S.A.D.E., pour exercer des fonctions d'Ingénieur en Chef auprès de la Direction.  
Arrêté du 12 janvier 1982.

M. Henri **THOME**, I.P.C. est, à compter du 1<sup>er</sup> juin 1981, placé en service détaché pour une période de cinq ans éventuellement renouvelable auprès de la Société Centrale pour l'Équipement du Territoire/Coopération International en qualité de Sous-Directeur.  
Arrêté du 13 janvier 1982.

M. Yves **DURAND-RAUCHER**, I.P.C., en service détaché auprès de la Commune de Paris, est, à compter du 1<sup>er</sup> janvier 1982, réintégré dans son Administration d'origine et affecté à la Direction des Ports et de la Navigation Maritimes en qualité de Chargé de Mission auprès de Monsieur l'Ingénieur Général Pruniéras, Directeur du service des Phares et Balises.  
Arrêté du 14 janvier 1982.

M. Michel **MASSONI**, I.P.C. au S.E.T.R.A., est, à compter du 1<sup>er</sup> février 1982, mis à la disposition du Ministère de l'Industrie - Direction du Gaz, de l'Électricité et du Charbon en qualité d'Adjoint au Chef du Service Technique de l'Énergie Électrique et des Grands Barrages.  
Arrêté du 20 janvier 1982.

M. Bernard **PILON**, I.C.P.C., à la Direction des Affaires Économiques et Internationales, est, à compter du 1<sup>er</sup> janvier 1982, affecté au S.E.T.R.A. en qualité de Chargé de Mission auprès du Directeur (chargé de l'évaluation des différents projets de franchise de la Manche et de la préparation du colloque Innovation pour le compte de M. l'Ingénieur Général Bonitzer).  
Arrêté du 21 janvier 1982.

Les I.P.C. dont les noms suivent, affectés provisoirement à l'E.N.P.C. reçoivent à compter du 1<sup>er</sup> février 1982, les affectations définitives ci-après :

MM. Jean-Louis **CHARON** Ministère de l'Industrie, Direction de la Qualité et de la Sécurité Industrielles ;  
Laurent **FOFANA** D.D.E. Eure - Chargé de l'Arrdt Opérationnel ;

Thierry **FRANK de PREAUMONT** D.D.E. de la Manche - Chargé de l'Arrdt Mixte de Saint-Lô ;  
Mme Cécile **IZABEL** (née Blanchard) Ministère de l'Industrie (DII de Provence-Côte d'Azur-Corse) ;  
MM. Patrick **LEBRUN** Ministère de l'Industrie (DII Pays de la Loire) ;  
Olivier **LE LIEVRE de la MORINIÈRE** Service Technique des Phares et Balises ;  
Erick **NIEMANN** Ministère de l'Industrie (DII Aquitaine-Poitou Charentes) ;  
Xavier **ROEDERER** D.D.E. Meurthe-et-Moselle - Chargé du GEP ;  
Richard **TOFFOLET** D.D.E. Maine-et-Loire - Service des Équipements Collectifs.  
Arrêté du 25 janvier 1982.

M. Claude **LEREBOUR**, I.G.P.C., chargé conjointement avec M. Andrau de la 26<sup>e</sup> circonscription d'Inspection Maritime Atlantique Sud est, à compter du 1<sup>er</sup> février 1982, chargé des 2<sup>e</sup> (Bassin de la Garonne) et 33<sup>e</sup> (Bassin du Rhône) circonscriptions - Fin de fonction à la 26<sup>e</sup> circonscription d'Inspection Maritime.  
Arrêté du 28 janvier 1982.

M. Jean **BOTTON**, I.P.C., adjoint au D.R.E. "Lorraine", est, à compter du 1<sup>er</sup> février 1982, affecté à l'Inspection Générale de l'Équipement et de l'Environnement pour recevoir une mission d'Inspection Générale.  
Arrêté du 28 janvier 1982.

M. André **PAGES**, I.G.P.C., chargé en titre de la 27<sup>e</sup> circonscription d'Inspection Générale et par intérim de la 33<sup>e</sup> circonscription d'Inspection Générale de Navigation est, à compter du 1<sup>er</sup> février 1982, déchargé de l'intérim de la 33<sup>e</sup> circonscription d'Inspection Générale Navigation.  
Arrêté du 28 janvier 1982.

M. Jean-Claude **DOUVRY**, I.C.P.C., en service détaché auprès de l'Établissement Public pour l'Aménagement de la Ville Nouvelle de Cergy-Pontoise, est, à compter du 16 décembre 1981, 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 Compagnie Générale de Travaux d'Hydraulique - SADE - pour exercer des fonctions d'Ingénieur en Chef attaché à la Direction Générale.  
Arrêté du 29 janvier 1982.

M. Philippe **FLEURY**, I.C.P.C. en disponibilité depuis le 1<sup>er</sup> mars 1978, est, à compter du 7 janvier 1982, réintégré dans son administration d'origine et affecté à la

Direction du Personnel.  
Arrêté du 1<sup>er</sup> février 1982.

M. Philippe **SARDIN**, I.P.C., en service détaché aux Charbonnages de France, est, à compter du 16 mars 1982, réintégré dans son administration d'origine et affecté à la D.D.E. du Rhône pour y être chargé de l'Urbanisme Opérationnel en remplacement de M. André **POLLET**.  
Arrêté du 1<sup>er</sup> février 1982.

M. André **POLLET**, I.P.C., à la D.D.E. du Rhône, est, à compter du 1 mars 1982, affecté à la Direction de l'Urbanisme et des Paysages, service de l'Aménagement Urbain, pour être chargé de la Sous-Direction des Opérations d'Urbanisme en remplacement de M. Bernard **MATHIEU**.  
Arrêté du 1<sup>er</sup> février 1982.

M. Bernard **MATHIEU**, I.C.P.C., chargé de la Sous-Direction des Opérations d'Urbanisme à la Direction de l'Urbanisme et des Paysages, est, à compter du 16 mars 1982, chargé, au sein de la même direction, de mission auprès du Directeur.  
Arrêté du 1<sup>er</sup> février 1982.

M. Robert **LECLERCQ**, I.G.P.C., chargé de la 29<sup>e</sup> circonscription d'Inspection Générale spécialisée de Navigation (Bassin de l'Est) est, à compter du 1<sup>er</sup> février 1982, nommé Secrétaire Général de l'Inspection Générale de l'Équipement et de l'Environnement en remplacement de M. **FILIPPI**.  
Arrêté du 3 février 1982.

M. Albert **DREVON**, I.C.P.C., détaché dans l'emploi de D.D.E. des Alpes-de-Haute-Provence, est, à compter du 1<sup>er</sup> mars 1982, réintégré dans son corps d'origine et affecté à l'Inspection Générale de l'Équipement et de l'Environnement pour recevoir une mission d'Inspection Générale.  
Arrêté du 3 février 1982.

M. Jean **DETERNE**, I.P.C. à la D.D.E. des Hauts-de-Seine, est, à compter du 1<sup>er</sup> janvier 1982, affecté au S.E.T.R.A. pour y être chargé de la Division des Liaisons Interurbaines en remplacement de M. **SAUTEREY**.  
Arrêté du 3 février 1982.

M. Raymond **SAUTEREY**, I.C.P.C., chargé de la Division des Liaisons Interurbaines au S.E.T.R.A., est, à compter du 1<sup>er</sup> janvier 1982, chargé de mission auprès du Directeur du Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes pour les actions internationales.  
Arrêté du 3 février 1982.

M. Laurent **WINTER**, I.P.C. est, à compter du 1<sup>er</sup> novembre 1981, mis à la disposition du Ministère de l'Industrie (Direction des Industries Chimiques, Textiles et Diverses -).

M. Gabriel **HINOUX**, I.C.P.C., mis à la disposition de l'Agence Nationale pour l'Amélioration de l'Habitat (A.N.A.H.) est, à compter du 1<sup>er</sup> janvier 1982, maintenu à la disposition de cet organisme en sa nouvelle qualité de délégué interrégional de l'Ouest en remplacement de M. de PAULOU-MASSAT.  
Arrêté du 3 février 1982.

M. François **HABIB**, I.P.C. est, à compter du 1<sup>er</sup> octobre 1981, placé en service détaché pour une période de cinq ans, éventuellement renouvelable auprès du Ministère de l'Industrie, sur un emploi d'Ingénieur des Mines à la Direction de la Qualité et de la Sécurité Industrielle - Service Central de Sûreté des Installations Nucléaires.  
Arrêté du 5 février 1982.

M. Claude **MOREAU**, I.C.P.C. en service détaché auprès de la SCET, est, à compter du 1<sup>er</sup> décembre 1981, maintenu dans la même position et dans les mêmes fonctions auprès de cet organisme, pendant une nouvelle période de cinq ans, éventuellement renouvelable.  
Arrêté du 5 février 1982.

M. Claude **MATHURIN-EDME**, I.C.P.C., à la Mission Spécialisée d'Inspection Générale "URBANISME", est, à compter du 7 décembre 1981, en sus de ses attributions actuelles, chargé de mission auprès du Directeur des Affaires Économiques et Internationales responsable géographique pour les pays d'Europe de l'Est.  
Arrêté du 8 février 1982.

M. Jean-Loup **CHARRIER**, I.P.C., chef de l'Arrondissement projets d'aménagement au Service Technique des Bases Aériennes, est, à compter du 1<sup>er</sup> mars 1982, chargé de mission auprès du Directeur du Service Technique des Bases Aériennes.  
Arrêté du 8 février 1982.

M. Igino **TONELLI**, I.P.C., mis à disposition du Ministère de l'Industrie, est, à compter du 1<sup>er</sup> mars 1982, affecté au Service Technique des Bases Aériennes en qualité de Chef de l'Arrondissement projets d'aménagement en remplacement de M. **CHARRIER**.  
Arrêté du 8 février 1982.

## NOMINATIONS

M. Philippe **LAPILLONNE**, I.C.P.C., détaché dans l'emploi de D.D.E. de Saône-et-Loire, est, à compter du 1<sup>er</sup> février 1982,

nommé D.D.E. de Seine-et-Marne en remplacement de M. **SCHAEFER**.  
Arrêté du 11 janvier 1982.

M. Paul **FUNEL**, I.G.P.C. à la mission spécialisée d'Inspection Générale des Transports Terrestres, est, à compter du 1<sup>er</sup> janvier 1982, nommé Président de la Section "Économie et Transports" du Conseil Général des Ponts et Chaussées en remplacement de M. **RUDEAU**.  
Arrêté du 13 janvier 1982.

M. Jacques **MAURICE**, I.P.C., à la Direction du Personnel est, nommé D.D.E. de la Guyane, en remplacement de M. **DUTRUY**.  
Arrêté du 3 février 1982.

## MUTATION

M. Philippe **AYOUN**, I.P.C. au C.E.T.E. de Bordeaux, est, à compter du 1<sup>er</sup> mars 1982, muté au Service d'Analyse Économique.  
Arrêté du 14 janvier 1982.

## RETRAITES

M. Jean **LE MOUNIER**, I.G.P.C., affecté à l'Inspection Générale de l'Équipement et de l'Environnement, est, à compter du 16 mai 1982, admis sur sa demande, à faire valoir ses droits à la retraite.  
Arrêté du 21 janvier.

M. Pierre **MERLIN**, I.G.P.C., affecté à l'Inspection Générale de l'Équipement et de l'Environnement, est, à compter du 31 mars 1982, admis sur sa demande à faire valoir ses droits à la retraite.  
Arrêté du 5 février 1982.

## DÉCÈS

Nous avons le regret de faire part du décès de notre Camarade Nicolas **BELIAEFF**, survenu accidentellement en décembre 1981. Nous présentons à sa famille toutes nos condoléances.

## Offre d'emploi

### La société

*Groupe français Bâtiment, routes et travaux publics - réputation internationale - plus de 5 milliards F. CA  
25000 personnes dont 1000 Cadres.*

### Le poste

#### Directeur général filiale à l'étranger

- il dépend de la D.G. en France
- il représente la Société dans le pays africain
- il est en relations étroites avec les autorités administratives
- il développe l'action commerciale sur le terrain et sait assurer le montage financier des grands projets. Il participe à l'étude des prix
- il est responsable de la rentabilité de sa succursale et sait faire évoluer l'exploitation en fonction des objectifs et des résultats
- il coordonne les services des différents chantiers (paye - logistique - recrutement local...) et dirige une équipe de 25 expatriés et 100 locaux.

### L'homme

Ingénieur grandes Écoles  
X/TP/ECP/ECL/AM/ENSAIS 40/45 ans.

Il possède une expérience obligatoire du travail en Afrique francophone ou anglophone dans le secteur des Travaux Publics.

C'est un homme entreprenant, réaliste, négociateur, possédant un bon esprit politique.

Il a le sens du commandement et sait animer ses équipes et démontre des capacités relationnelles et sociales.

Il parle couramment l'anglais.

### Les conditions

Rémunération + 300.000 F  
plus avantages expatriation  
clause de non concurrence à prévoir.

Adresser lettre manuscrite + C.V. complet sous RÉF. RB 918  
CAPFOR - 15, rue de la Paix 75002 PARIS.

## NUMÉRO SPÉCIAL DES ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

150<sup>e</sup> Anniversaire de la création de la revue

### Sommaire

Editorial

par **Jean Chapon**, Vice-Président du Conseil Général des Ponts et Chaussées

Avant-propos

par **Jacques Tanzi**, Directeur de l'École Nationale des Ponts et Chaussées, Président de la Commission des Annales des Ponts et Chaussées

Les Annales des Ponts et Chaussées : Deux moments essentiels de leur histoire  
par **Jean Michel**, Chef du Centre pédagogique de documentation et de communication de l'École Nationale des Ponts et Chaussées

Les mains d'Adam. L'information graphique dans les planches des Annales  
par **Jacques Guillerme**, Maître de recherches au C.N.R.S.

Idées sur l'origine du génie civil en Europe

par **Sir Alan Harris**, Professeur à l'Imperial College of Scientific and Technology, Londres

Le travail quotidien de l'ingénieur des Ponts et Chaussées aux environs de 1830 dans le département des Côtes-du-Nord

par **Anne Querrien**, chargé d'études à la Mission de la Recherche Urbaine

Le rêve des villes-machines : ports et arsenaux au début du XIX<sup>e</sup> siècle

par **Bruno Fortier**, architecte, Maître de conférences à l'École Nationale des Ponts et Chaussées

Analyse de la stabilité des voûtes en maçonnerie de Charles-Augustin Coulomb à nos jours

par **Jean-Michel Delbecq**, Ingénieur des Ponts et Chaussées S.E.T.R.A.

L'origine des ponts métalliques en France

par **Bertrand Lemoine**, Ingénieur civil des Ponts et Chaussées, Attaché de recherches au C.N.R.S.

L'âge d'or des ponts suspendus en France, 1823, 1850

par **Dominique Amouroux** et **Bertrand Lemoine**, Ingénieur civil des Ponts et Chaussées, Attaché de recherche au C.N.R.S.

Les tournées de Jean-Rodolphe Perronet sur les routes de France (1754-1763)

par **Guy Arbellot**, Maître-Assistant à l'École des Hautes Etudes en Sciences Sociales

« L'achèvement des canaux » sous la Restauration et la Monarchie de juillet

par **Pierre Pinon** et **Anne Kriegel**, chargés de mission à la Mission Paysage, Direction de l'Urbanisme et des Paysages

Naissance et développement du chemin de fer au XIX<sup>e</sup> siècle

par **Jean Alias**, Directeur de l'Équipement, S.N.C.F.

La cartographie et les travaux publics « 1820-1870 »

par **Josef Konvitz**, Professeur à la Michigan State University

Le calcul économique et le Corps des Ponts et Chaussées entre les deux Napoléon

par **François Etnér**, Maître-Assistant à Paris Dauphine

Notices biographiques sur quelques Ingénieurs des Ponts et Chaussées (XVIII<sup>e</sup> et XIX<sup>e</sup> siècles).

Des exemplaires du **Numéro spécial des Annales des Ponts et Chaussées** consacré à la célébration du 150<sup>e</sup> Anniversaire de leur création sont encore disponibles, au prix de la souscription réservée aux Ingénieurs Anciens Élèves de l'École Nationale des Ponts et Chaussées, soit **55 Francs l'exemplaire**

Bulletin à retourner à : M. Jean MICHEL E.N.P.C. 28, rue des Saint-Pères 75007 PARIS.

Joindre chèque à l'ordre de : Association Anciens E.N.P.C. (Formation Permanente).

*Avis de vacance de poste pour un enseignement d'aménagement régional et urbain à l'École Nationale des Ponts et Chaussées 28, rue des Saints-Pères 75007 Paris*

*L'École Nationale des Ponts et Chaussées lance un avis de vacance de poste de professeur d'Aménagement Régional et Urbain.*

*Cet enseignement comportera environ 30 séances de 3 heures chacune. Le profil recherché est le suivant :*

*— Une solide formation dans le domaine des sciences humaines, orientée vers les problèmes urbains régionaux.*

*— Bonne expérience pédagogique dans le domaine de l'aménagement.*

*— Aptitude au travail en équipe pluridisciplinaire d'enseignants.*

*Le poste pourrait être confié à un universitaire au moins maître-assistant travaillant dans le domaine considéré.*

*Les personnes intéressées peuvent obtenir des précisions complémentaires auprès de M. F. ADLY, Adjoint au Directeur de l'Enseignement de l'École (tél. 260.34.13).*

*Chaque candidat devra joindre à sa lettre de candidature son curriculum vitae, la liste de ses références, travaux et publications ainsi qu'un programme sommaire de l'enseignement qu'il se propose de faire incluant éventuellement quelques indications pédagogiques.*

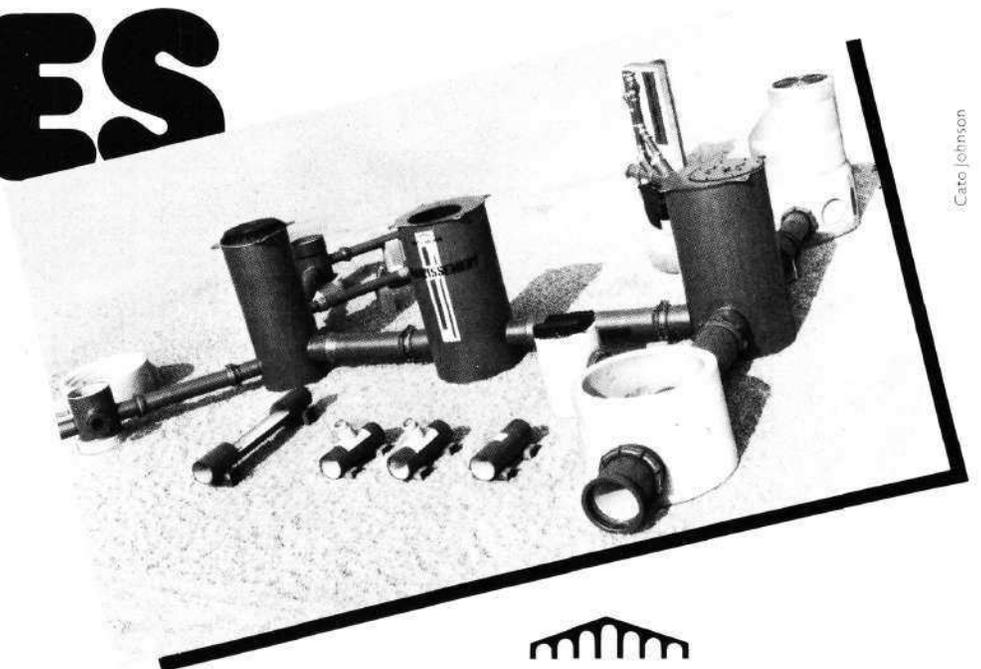
*La date limite de réponse est fixée au 30 avril 1982.*

### Offre d'emploi

*Le Port Autonome de Dunkerque recherche un ingénieur des ponts et chaussées bénéficiant d'une première expérience professionnelle, 30 ans environ, pour remplir les fonctions de Directeur Technique.*

*(S'adresser au Port Autonome de Dunkerque, secrétariat du Directeur)*

# 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

# LA PASSION SELON SCREG-ROUTES

## 6. FAIRE AUTORITÉ

C'est la compétence  
de nos collaborateurs  
qui fait notre notoriété,  
et leur autorité.



Si vous vous sentez la passion de diriger une entreprise ou un établissement en moins de 10 ans,  
si vous êtes Ingénieur diplômé ENPC, MINES ou d'autres écoles d'Ingénieurs T.P., écrivez ou  
téléphonez pour en savoir plus à la Direction du Personnel, TOUR MALTE, BP 65, 91035 EVRY Cédex,  
Tél. 077.90.60. Nous vous inviterons à une séance collective d'information.

