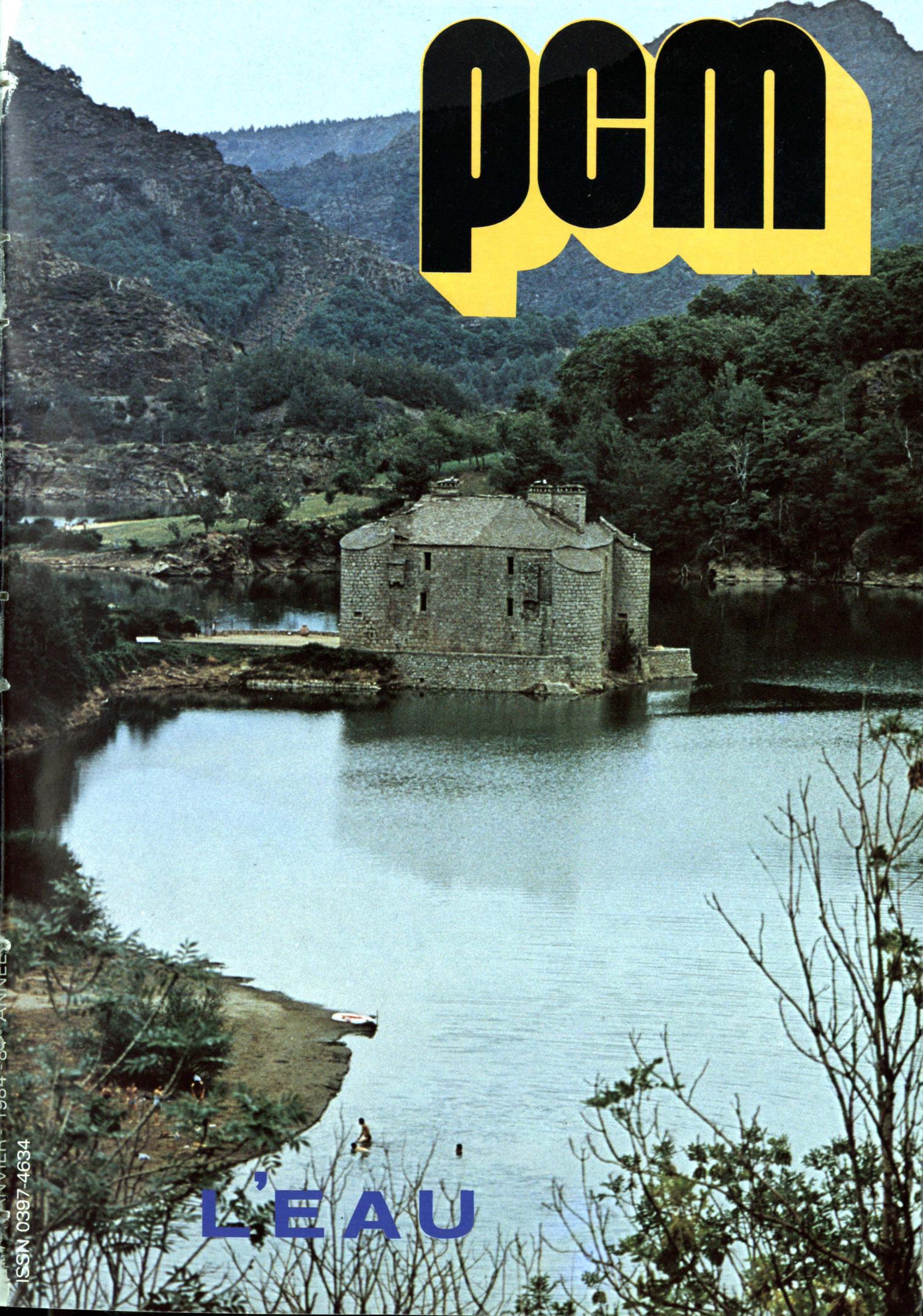


# pepm



L'EAU

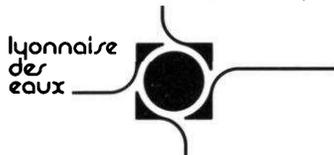
ISSN 0397-4634

# Une eau de qualité ça ne s'improvise pas.

## Claude Nantou, goûteur d'eau au Laboratoire Central de la Lyonnaise des Eaux.

La recherche, la surveillance de la qualité de l'eau, Claude Nantou connaît bien. Depuis 18 ans, il participe activement au développement des activités de contrôle, d'assistance technique et de recherche du Laboratoire Central de la Lyonnaise des Eaux. Avec la création de plusieurs laboratoires régionaux et avec la croissance du Laboratoire Central du Pecq, la Lyonnaise compte aujourd'hui environ 140 techniciens et ingénieurs. Leur but : améliorer sans cesse la qualité de l'eau distribuée ou épurée.

C'est parce que c'est leur métier d'assurer le service public vingt-quatre heures sur vingt-quatre que les hommes de la Lyonnaise mettent toute leur compétence à résoudre vos problèmes. Cette compétence, ils la doivent à plus d'un siècle de recherches et d'opiniâtreté pour une eau de qualité et un service permanent. Aujourd'hui la Lyonnaise des Eaux c'est près de 1 milliard de mètres cubes d'eau distribués à travers la France, 15 000 kilomètres de canalisations d'assainissement et 650 stations d'épuration. Du prélèvement à la réinsertion dans le milieu naturel, elle assure toutes les étapes du métier de l'eau.



Des hommes de métier au service de l'eau.

45, rue Cortambert 75769 Paris Cedex 16 · Tél. 503.21.02 · Telex 620 783 Oliones Paris.



## SOMMAIRE

mensuel

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

### DIRECTEUR DE LA PUBLICATION :

M. BELMAIN  
Président de l'Association

### ADMINISTRATEUR DELEGUE :

Philippe AUSSOURD  
Ingénieur des Ponts et Chaussées

### REDACTEURS EN CHEF :

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

### SECRETAIRE GENERALE DE REDACTION :

Brigitte LEFEBVRE du PREY

### ASSISTANTE DE REDACTION :

Eliane de DROUAS

### REDACTION - PROMOTION ADMINISTRATION :

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

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

### ABONNEMENTS :

— France : 245 F (TTC).  
— Etranger 245 F (frais de port en sus).  
Prix du numéro : 25 F  
dont T.V.A. : 4 %

### PUBLICITE :

Responsable de la publicité :  
H. BRAMI  
Société OFERSOP :  
8, Bd Montmartre  
75009 Paris  
Tél. 824.93.39

### MAQUETTE : Monique CARALLI

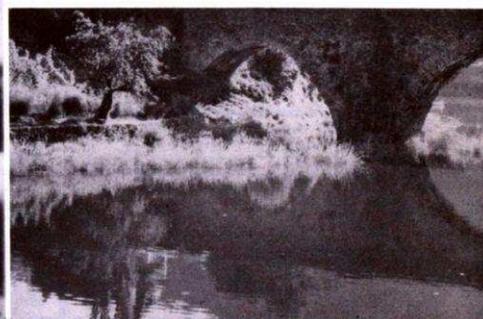
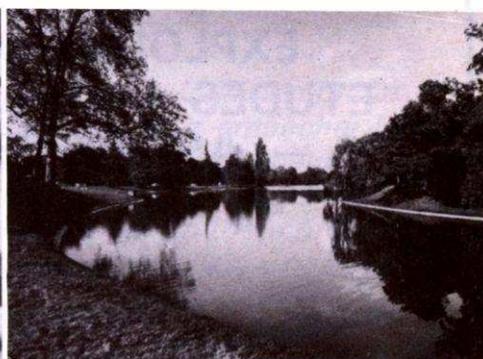
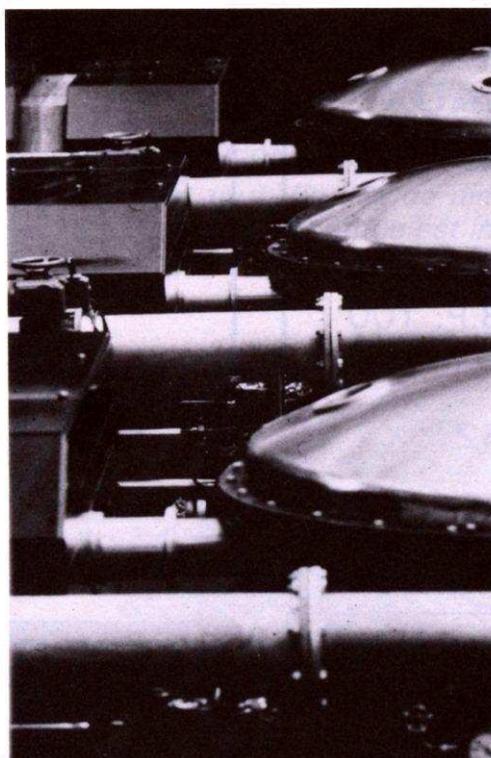
### COUVERTURE :

Villefort  
Photo Environnement

Dépôt légal 1<sup>er</sup> trimestre 1984  
N° 840111  
Commission Paritaire N° 55.306

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.

IMPRIMERIE MODERNE  
U.S.H.A.  
Aurillac



## DOSSIER

<b>Editorial : Le "Modèle Français"</b> <i>par Guy DEJOUANY</i> .....	17
<b>Des priorités nationales pour l'eau</b> <i>par Thierry CHAMBOLLE</i> .....	18
<b>L'Agence de l'Eau Artois-Picardie</b> <i>par Yvon RAAK</i> .....	22
<b>La maîtrise des nitrates dans les eaux potables</b> <i>par A. LEPRINCE et F. FIESSINGER</i> .....	28
<b>La dimension internationale des métiers de l'eau</b> <i>par Paul-Louis GIRARDOT</i> .....	32
<b>Traitement de l'Eau et biotechnologies</b> <i>par Jacques BERNARD</i> .....	34
<b>Modélisation mathématique d'un réseau d'assainissement</b> <i>par Jean-Marc PATURLE, Roger BERREBI et André BACHOC</i> .....	40
<b>Valorisation des boues des stations d'Épuration</b> <i>par F. RELOTIUS</i> .....	42
<b>De l'observation à la décision dans la gestion de l'eau</b> <i>par A. FREROT, J. GAILLARD et P.A. ROCHE</i> .....	45

## RUBRIQUES

<b>La vie du Corps des Ponts et Chaussées</b> .....	47
<b>Mouvements</b> .....	47
<b>Lu pour vous</b> .....	48

# COMPAGNIE DES EAUX DE LA BANLIEUE DU HAVRE

EXPLOITATION  
ETUDES — TRAVAUX  
EAU — ASSAINISSEMENT

11, rue Paul-Doumer - B.P. 100  
76700 HARFLEUR

Tél. (35) 45.44.52

# Sté MENUSAN

53-59, route de Vienne  
69800 SAINT-PRIEST MI-PLAINE  
☎ (7) 890.10.11

# MALEZIEUX SERVICES S.a.s.

## ASSAINISSEMENT

## NETTOYAGES INDUSTRIELS PETROLIERS ET CHIMIQUES

....

18, rue de Rouen - B.P. 244  
76502 ELBEUF CEDEX

Tél. (35) 81.21.17 +

Télex 180886 F

# SOCIETE DES EAUX DE MARSEILLE

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

conseils techniques  
prestations de services  
affermages



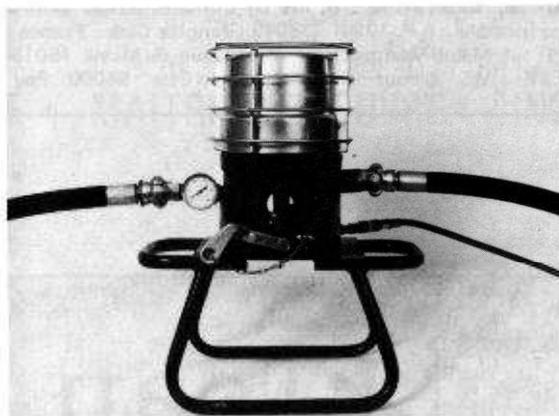
Société des Eaux de Marseille  
25, rue Édouard Delanglade  
Boîte Postale N° 29  
13254 Marseille Cedex 6  
Tél. : (91) 37.92.30  
Telex : SEMARSL 440884 F

# JOUEZ UN TOUR A L'HIVER

Pour éviter le givrage des outils pneumatiques en hiver, la Société TRACTO-TECHNIQUES a mis au point son réchauffeur d'air comprimé à propane : l'UNITHERM. C'est un petit appareil économique, autonome (il est alimenté par une bouteille de propane), qui rend de précieux services sur les chantiers en hiver.

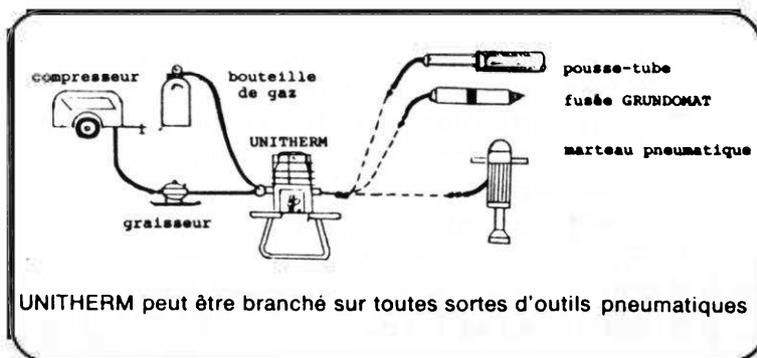
En effet, tous les outils pneumatiques (marteaux refouleurs du sol, marteaux piqueurs et autres) sont très sensibles au froid, il en résulte donc un givrage et de ce fait un arrêt de travail sur le chantier.

L'UNITHERM est branché entre le compresseur et l'outil pneumatique. L'air comprimé passant à travers un serpent en cuivre, est chauffé et cela suffit pour empêcher le givrage de l'outil. L'utilisation de l'UNITHERM est facile - brancher sur l'outil pneumatique, allumer la flamme du gaz - c'est tout. En cas de diminution de la pression, cet appareil se met en veilleuse. La température obtenue est indiquée par un thermomètre placé à la sortie. Il peut être branché sur toutes sortes d'outils pneumatiques, y compris la fusée GRUNDOMAT.



Jouez un tour à l'hiver avec

**UNITHERM**



**UNITHERM** — réchauffeur d'air comprimé évite le gel de toutes sortes d'outils pneumatiques en hiver. Ses avantages les plus frappants :

- maniement très simple (ajuster et allumer la flamme de gaz),
- utilisation en automne, en hiver, en printemps-toujours,
- commande automatique de l'arrivée du gaz,
- indication de la température de l'air à la sortie,
- peut être branché sur toutes sortes d'outils pneumatiques,
- coûte peu et s'amortit vite.

**IL FAUT LE CONNAÎTRE**

Nom : \_\_\_\_\_ Fonction : \_\_\_\_\_  
 Société : \_\_\_\_\_ Activité : \_\_\_\_\_  
 Adresse : \_\_\_\_\_  
 Code postal : | | | | | Tél. : \_\_\_\_\_  
 Nb salariés :  6/19  20/49  50/199  200/999  1000 et +

TRACTO-TECHNIQUE — 400, rue de la Liberté, 76410 CLÉON — Tél. : (16-35) 81.50.24



**SOGREAH**  
Ingénieurs Conseils

# hydraulique et aménagements



Études de développement

Barrages et aménagements hydro-électriques



Aménagements agricoles

Aménagements fluviaux et ressources en eau



Aménagements hydrauliques urbains et industriels

Qualité des eaux



Aménagements portuaires et côtiers

**SIEGE SOCIAL :** Bureaux et Laboratoire : 6, rue de Lorraine 38130 Echirolles – Tél. (76) 09.80.22  
Adresse postale : B.P. 172-X 38042 Grenoble Cédex France – Tél. : Sogre 980 876F  
**DÉLÉGATION A PARIS :** Tour Maine-Montparnasse, 33, avenue du Maine 75015 Paris – Tél. (1) 538.67.46  
**AGENCE DU SUD-OUEST :** 16 avenue du Château d'Este 64000 Pau – Tél. (59) 32.06.95



## \*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**

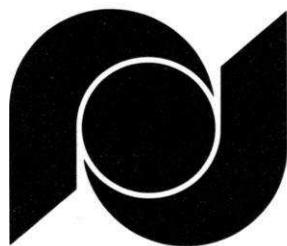
28, rue de la Baume, 75379 Paris Cedex 08  
Téléphone : 563.12.34

# SECOTRAP

Avenue Gustave-Eiffel - 33600 PESSAC  
Tél. (56) 36.34.34

**BATIMENT  
INFRASTRUCTURES  
CONSTRUCTIONS INDUSTRIELLES  
ENVIRONNEMENT**

B.E.T. INGENIERIE — MAITRISE D'ŒUVRE — INGENIEUR CONSEIL



CHAR  
BON  
NAGES  
DE  
FRANCE

**GROUPE CdF**

**CHARBONNAGES DE FRANCE**  
9, AVENUE PERCIER 75008 PARIS - TEL. (1) 563 11.20



# 20 ans d'innovation et d'expérience

## Flottation et traitement physico-chimique

Les succès remportés par cette technique en ont élargi aujourd'hui le domaine à de multiples effluents industriels, à l'épuration des eaux usées des agglomérations à population variable et plus récemment à la préparation des eaux potables.

### Caractéristiques :

- Investissement et encombrement réduits
- Boues concentrées
- Insensibilité aux variations de charge polluante et aux toxiques.

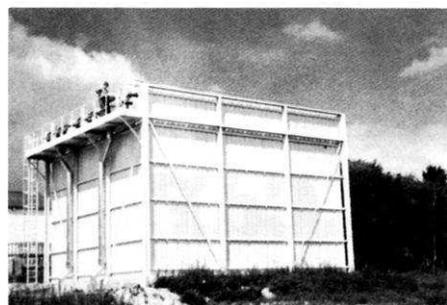


## Filtres bactériens à hautes performances Flocor

Depuis la crise du pétrole, l'intérêt pour les techniques économes en énergie n'a fait que croître. Dès 1974, SGN s'intéressait aux nouveaux filtres bactériens avec garnissage plastique consommant jusqu'à 6 fois moins d'énergie que les procédés biologiques traditionnels.

### Caractéristiques :

- Faible encombrement au sol
- Très faible consommation (0,2 à 0,3 kWh par kg de DBO<sub>5</sub> éliminé)
- Conduite facile et fonctionnement silencieux.



## Méthanisation

Consommer peu d'énergie pour dépolluer c'est bien, mais en produire en dépolluant c'est mieux. La méthanisation qui permet l'élimination de la matière organique et sa transformation en méthane et gaz carbonique est connue depuis longtemps. Mais la technologie utilisée nécessitait un temps de séjour et un investissement importants.

En réduisant ce temps de séjour de plusieurs fois, le procédé SGN de méthanisation par culture fixée sur supports plastiques libres apporte une révolution dans le traitement des effluents à forte charge organique, notamment ceux des industries agro-alimentaires.

### Caractéristiques :

- Épuration de 80 à 90 % de la DCO soluble pouvant être portée, par traitement complémentaire, à 99 %.
- Charge volumique importante (15 à 20 kg de DCO/j par m<sup>3</sup> de garnissage).
- Forte production de biogaz (jusqu'à 8 m<sup>3</sup>/j par m<sup>3</sup> de garnissage).



## Puits profond \*

Le puits profond est un traitement biologique d'avant-garde, ayant une cinétique d'épuration élevée grâce à une concentration en oxygène et à une agitation importantes, obtenues avec une faible dépense d'énergie : au cœur du procédé, un puits étanche de 50 à 150 m de profondeur équipé d'une cloison circulaire ou plane permettant à l'effluent de circuler à grande vitesse entre la surface et le fond ; l'air introduit à faible profondeur assure à la fois la circulation dans le puits et l'aération intense sous pression élevée.

### Caractéristiques :

- Très faible encombrement au sol.
- Faible consommation énergétique (0,6 kWh par kg de DBO<sub>5</sub> éliminé)
- Rendement élevé et faible production de boues pour une épuration à très forte charge.



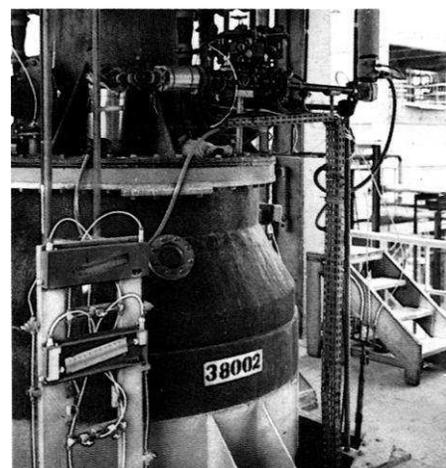
## Bioxyde de chlore

Le bioxyde de chlore, utilisé dans le blanchiment, notamment du papier, est aujourd'hui considéré comme l'un des meilleurs agents de désinfection des eaux potables ou résiduaires.

Le procédé SGN-RIMA utilise comme matière première du chlorate de sodium et de l'anhydride sulfureux, et non le chlore, ce qui constitue un avantage déterminant.

### Caractéristiques :

- Fiabilité.
- Facilité d'exploitation.
- Pureté et très faible acidité du produit obtenu.



**S.G.N. une grande société d'ingénierie**

**Environnement**

**Bio-technologies**

**Energies nouvelles**



SOCIÉTÉ GÉNÉRALE POUR  
LES TECHNIQUES NOUVELLES

1, rue des Hérons, 78184 St-Quentin Yvelines Cedex - Tél. : (3) 058-60-00  
Télex : SGN 698.316 F R.C.S. B 612016956

# UN PROCÉDE DANS LE VENT : LA FLOTTATION

Qu'il s'agisse d'eau brute, potable ou résiduaire et plus généralement de traitement en milieu aqueux, pratiquement toutes les chaînes nécessitent au moins un moyen de séparation liquide-solide. Les procédés de séparation connus appartiennent à deux classes :

- les procédés à barrière
- les procédés gravitaires.

Au premier groupe appartiennent les divers filtres ; au second essentiellement :

- la décantation (simple ou lamellaire)
- la flottation
- la centrifugation (cyclone ou machine centrifuge).

Si on élimine la centrifugation dont les applications sont spécifiques, il reste deux procédés :

- la décantation
- la flottation.

Il y a vingt ans, la philosophie était simple : on décantait tout ce qui voulait décanter et on n'utilisait la flottation que lorsque les matières flottaient naturellement.

Les applications principales de la flottation étaient alors l'industrie minérale et métallurgique sous forme de flottation à l'air comprimé ou par liqueur dense et l'industrie papetière pour séparer les fibres des eaux blanches et les recycler en fabrication sous forme de flottation dite à l'air dissous..

Quelques années plus tard S.G.N. développait un nouveau système de flottation basé sur l'électrolyse de l'eau et que nous avons appelé électro-flottation, mais on peut dire que l'ensemble des procédés utilisant la flottation restait d'application assez limitée.

Ce schéma paraît un peu simple mais il était justifié car la flottation n'avait pas encore montré qu'elle était capable d'éliminer mieux que la décantation des particules de poids spécifique même plus lourd que l'eau surtout si elles sont finement divisées, ce qui leur confère une mauvaise décantabilité.

Aujourd'hui, la flottation a considérablement élargi son domaine d'application et en dehors de ceux évoqués ci-dessus on peut dire qu'elle est largement utilisée :

- pour le traitement de nombreux effluents industriels
- pour l'épuration de certains effluents urbains
- pour l'épaississement des boues

et qu'elle pénètre de nouveaux domaines comme le traitement des eaux potables.

Ce développement considérable est dû pour une part aux qualités propres de la flottation qui sont :

- grandes vitesses spécifiques
- bonne concentration des matières séparées
- absence de risque de bouchage
- fonctionnement plus sûr avec des matières légères comme les matières organiques.

Mais ce développement est également dû à l'effort de recherche, notamment de S.G.N., qui a conduit à améliorer de nombreux facteurs comme la vitesse spécifique, la compacité, la fiabilité, la consommation énergétique. Je parle ici essentiellement des procédés utilisant les microbulles, c'est à dire l'électro-flottation et la flottation à l'air dissous.

L'électro-flottation, d'abord, à laquelle S.G.N. s'est intéressée dès 1963 et qui a demandé un effort de recherche considérable pour éliminer les problèmes de corrosion d'électrode et de carbonatation a conduit à un système fiable malheureusement un peu cher en investissement mais d'une souplesse et d'une efficacité remarquables, et pouvant être utilisé jusqu'à des températures d'eau proches de 100° C. Bien sûr, compte tenu de sa nature le procédé ne peut être utilisé que lorsque le liquide dispersant est de l'eau ce qui est quand même le cas de la majorité des applications.

Dans le traitement des eaux résiduaires et notamment dans celui des effluents de laminoirs des aciéries, les installations - que nous avons mises en route à la SOLLAC en 1970 - sont toujours en service ce qui montre leur fiabilité.

Cependant, sauf pour les petites installations où l'électro-flottation est compétitive, c'est surtout la flottation dite à l'air dissous qui a connu le plus grand développement.

Le procédé développé par S.G.N. n'utilisant pas d'air comprimé mais seulement une pompe de pressurisation alimentant un venturi où l'air atmosphérique est aspiré puis comprimé, a permis de conduire à un système autostable d'une fiabilité exceptionnelle et d'une grande simplicité malgré des performances nettement améliorées. Ainsi pour prendre un exemple comparatif dans l'épuration des rejets urbains, qui sont statistiquement des produits assez constants, les performances dans l'élimination de la DCO sont passées en quelques années de 65 % à 85 % alors que les débits spécifiques augmentaient de 4 à 8 m<sup>3</sup> m<sup>2</sup>/h.

L'évolution a conduit successivement à développer 3 générations d'appareils en plus de 10 ans.

Les travaux ont porté sur :

- l'amélioration des tailles de population de bulles par la mise au point de système de détente approprié
- l'augmentation de la saturation de l'air dans l'eau pressurisée permettant une réduction de la consommation énergétique
- l'amélioration des dispositifs de mise en contact des bulles et des liquides à flotter.

Quoique plus importante que celle d'un décanteur, la consommation électrique de la flottation est relativement faible. Pour des concentrations de matières à flotter inférieures à 2 g/l il faut compter entre 100 et 200 Wh par m<sup>3</sup> et au-dessus entre 50 et 100 Wh par kg de matière extraite.

La flottation est quelquefois utilisée seule en remplacement des décanteurs mais le plus souvent elle est précédée d'un étage de floculation chimique dont le but est de rassembler les particules les plus fines en des floccs notamment d'hydroxyde d'aluminium de fer pour constituer un traitement physico-chimique qui peut également lui-même être suivi si nécessaire d'un petit étage de finition biologique.

Quelques exemples chiffrés de flottation réalisée par S.G.N. ou ses licenciés permettent une appréciation plus précise des possibilités de la flottation :

### 1. DOMAINE URBAIN :

– STATION DE TRAITEMENT D'EAUX RESIDUAIRES DE VILLE A POPULATION VARIABLE :  
VILLE DE TALMONT - SAINT-HILAIRE

- Population sédentaire : 400 h
- Population estivale : 4000 h

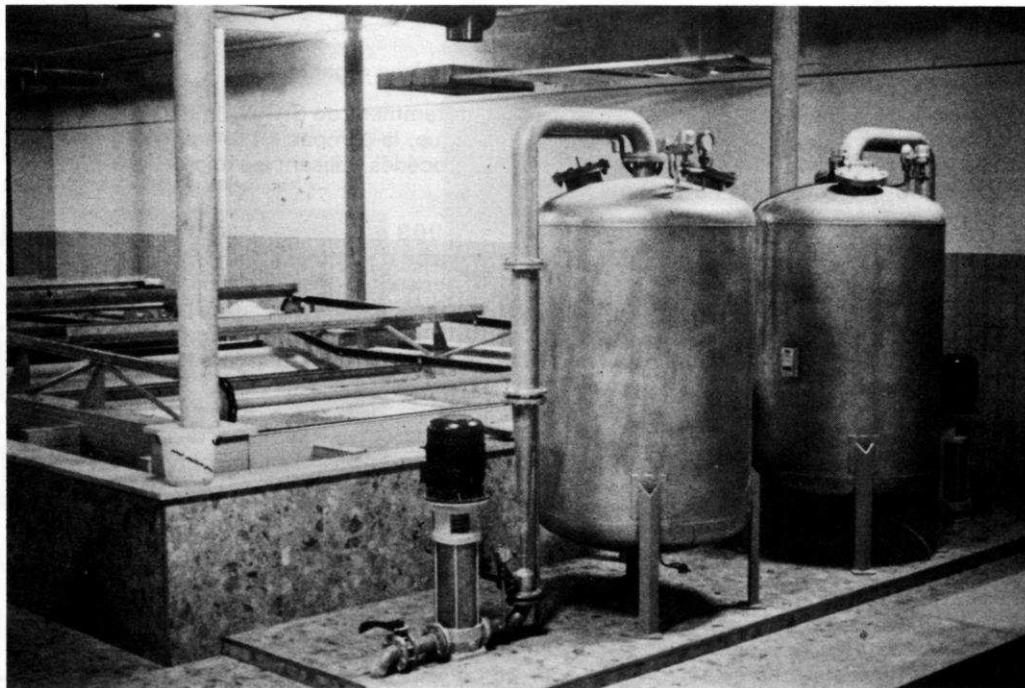
Chaîne de traitement :

- *dégrilleur*
- *dessableur*
- *bassin tampon de 195 m<sup>3</sup> équipé d'une turbine de 7,5 kW servant l'hiver de bassin d'aération avec décantation séquentielle*
- *floculateur*
- *aérototeur de 7 m<sup>2</sup>*
- *lits de séchage*

Résultats de la flottation :

	ENTREE	SORTIE	RENDEMENT (%)
MES mg/l	315	26	92
DBO <sub>5</sub> mg/l	140	19	86
DCO mg/l	964	156	84
PO <sub>4</sub> mg/l	15,5	0,9	94
N mg/l	93	64	31

LAUSANNE : un des quatre flottateurs de la station d'eau potable.



– STATION D'EAU POTABLE (LAUSANNE) du LAC DE BRET :

- Débit = 24.000 m<sup>3</sup>/j

*Chaîne de traitement :*

- *Préozonation (3 mg/l)*
- *Floculation (polychlorure d'aluminium 10 mg/l)*
- *Aérofloitation : 4 cellules de 32 m<sup>2</sup>*
- *Filtration sur filtre bicouche*
- *Postozonation (3 mg/l)*
- *Filtration du charbon actif*

**Résultats attendus suite aux essais pilotes :**

	ENTREE	SORTIE	RENDEMENT (%)
MES mg/l	150	15	90
Turbidité silice	30	2 à 4	90

**– EPAISSISSEMENT DE BOUES BIOLOGIQUES :**

THAMES WATER AUTHORITY - Reading (G.B.)

*Chaîne de traitement :*

- Débit : 60 m<sup>3</sup>/h

- *Floculation polyélectrolyte*
- *3 cellules d'aérofloitation de 10 m<sup>2</sup>*

**Résultats :**

	ENTREE	SORTIE BOUES
Concentration (g/l)	5 à 10	50

**2. DOMAINE INDUSTRIEL :**

**– ABATTOIR GILLES (COLLINEE)**

- Production : 1.600 porcs/j  
200 bovins/j

*Chaîne de traitement :*

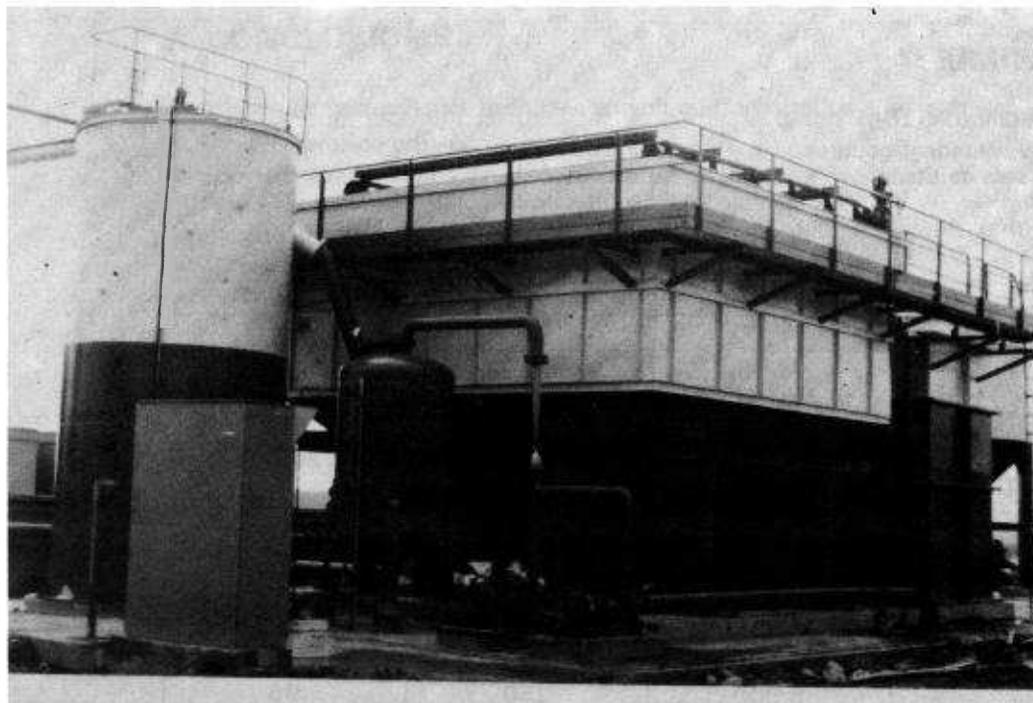
- Débit : 1.400 m<sup>3</sup>/j

- *dégrillage*
- *Bassin tampon*
- *1<sup>er</sup> flottateur de 25 m<sup>2</sup>*
- *Floculation sulfate d'alumine*
- *2<sup>e</sup> flottateur de 25 m<sup>2</sup>*

**Résultats de la flottation :**

	ENTREE	SORTIE	RENDEMENT (%)
MES mg/l	1.350	26	98
DBO <sub>5</sub> mg/l	1.700	360	79
DCO mg/l	5.300	860	84
Matières grasses	1.580	120	92
N mg/l	70	16	77
PO <sub>4</sub> mg/l	60	9	85

*DOUX : flottation des effluents d'abattoirs de volailles.*



— **ABATTOIR DOUX (PORT-LAUNAY)**

• Production : 250.000 poulets/j

• Débit : 115 m<sup>3</sup>/h

*Chaîne de traitement :*

- Flocculation
- 1 flottateur de 36 m<sup>2</sup>
- Boues activées

**Résultats de la flottation :**

	ENTREE	SORTIE	RENDEMENT (%)
MES mg/l	816	62	<b>92</b>
DCO mg/l	2.465	164	<b>93</b>
Matières grasses mg/l	464	20	95

— **RENAULT (Billancourt) :**

• Effluent dégraissage phosphatation

• Débit : 50 m<sup>3</sup>/h

*Chaîne de traitement*

- Flocculation
- Flottateur de 10 m<sup>2</sup>
- Filtre presse

**Résultats :**

	ENTREE	SORTIE	RENDEMENT (%)
MES mg/l	600	30	<b>95</b>
DCO mg/l	1.200	200	<b>83</b>

• Effluent de rinçage chromique :

• Débit : 10 m<sup>3</sup>/h

*Chaîne de traitement :*

- Flocculation
- Flottateur de 2 m<sup>2</sup>

**Résultats :**

	ENTREE	SORTIE	RENDEMENT (%)
MES mg/l	300	15	95
Chrome <sub>6</sub> mg/l	100	0,1	99,9

— **RENAULT VEHICULES INDUSTRIELS (BLAINVILLE)**

Rinçage cataphorèse  
et ultra-filtration

• Débit : 7 m<sup>3</sup>/h

*Chaîne de traitement :*

- Flocculation
- Flottateur de 2 m<sup>2</sup>

**Résultats :**

	ENTREE	SORTIE	RENDEMENT (%)
MES mg/l	2.000	10	99
Pb mg/l	65	0,5	91

### 3. PETROCHIMIE :

— **NAPHTA CHIMIE (LAVERA)**

Effluent process contenant poudres  
de polyolégine, sels de titane  
et aluminium.

• Débit : 80 m<sup>3</sup>/h

*Chaîne de traitement :*

- Flocculation
- Flottateur de 25 m<sup>2</sup>

**Résultats :**

	ENTREE	SORTIE	RENDEMENT (%)
MES mg/l	310	26	91

### 4. INDUSTRIE TEXTILE :

— **ALBERT HARTLEY BARNALOSWICK (G.B.)**

Effluent d'impression

• Débit : 113 m<sup>3</sup>/h

*Chaîne de traitement :*

- Flocculation
- 1 flottateur de 25 m<sup>2</sup>

**Résultats :**

	ENTREE	SORTIE	RENDEMENT (%)
MES mg/l	500	30	95
DCO mg/l	5.000	250	95

## 5. PRODUITS COSMETIQUES :

— L'OREAL (ORMES)

Effluents de fabrication de cosmétiques,  
rejets sanitaires.

- Débit : 4 m<sup>3</sup>/h

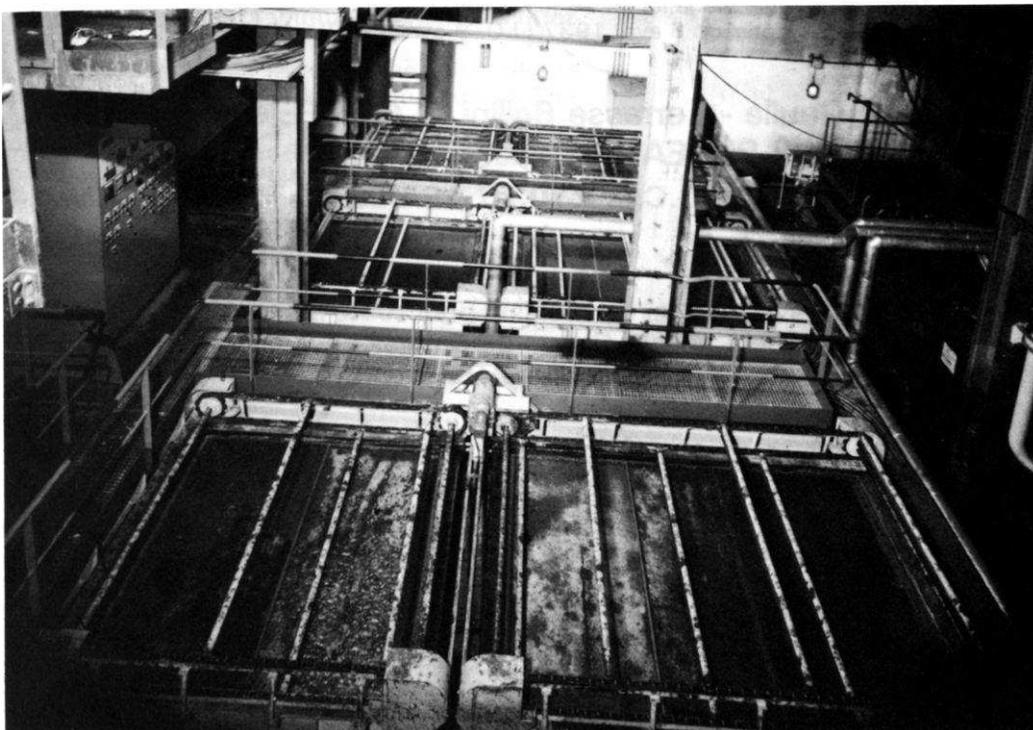
Chaîne de traitement :

- Flocculation
- Flottateur de 1 m<sup>2</sup>
- Lit bactérien
- Décanteur

Résultats :

		ENTREE	SORTIE	RENDEMENT(%)
MES	mg/l	2.000	150	92
DCO	mg/l	2.000	450	77

SOLLAC : électroflottation des effluents de laminoir.



## 6. CONCLUSIONS :

Au travers de ces quelques exemples on voit que la flottation a de multiples applications.

★ Dans le domaine urbain :

- pour la préparation des eaux potables à partir des eaux de surface
- pour l'épuration des agglomérations à population variable.

★ Dans le domaine industriel :

- pour le traitement des effluents contenant :
  - des huiles et graisses (Sidérurgie et Mécanique)
  - des fibres (papiers et textiles)
  - des émulsions (peintures et latex)
  - des matières organiques légères (agro-alimentaires)
  - des hydroxydes (métallurgie et traitements de surface).

★ Dans l'ensemble des domaines pour l'épaississement des boues de traitement d'eau potable ou des boues biologiques.

Au cours des dernières années la flottation n'a cessé de gagner du terrain, ce qui devrait se poursuivre car certaines qualités de la flottation sont encore inexploitées comme l'aptitude à éliminer certains produits en solution et l'insensibilité aux effets de bulking.

C. CAMILLERI  
Directeur à S.G.N.  
Janvier 84

Le Service des **CONGÉS PAYÉS**  
dans les **TRAVAUX PUBLICS**  
ne peut être assuré que par

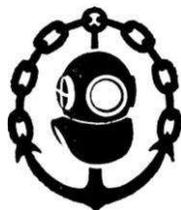
## **LA CAISSE NATIONALE DES ENTREPRENEURS DE TRAVAUX PUBLICS DE FRANCE ET D'OUTRE-MER**

Association régie par la loi du 1<sup>er</sup> juillet 1901  
Agréée par arrêté ministériel du 6 avril 1937 (J.O. 9 avril 1937)

**7 et 9, Av. du Gal-de-Gaulle - Terrasse Bellini - LA DÉFENSE 11  
92812 PUTEAUX Cedex**  
Tél. : 778.16.50 — C.C.P. 2103-77 PARIS

La loi du 20 juin 1936 et le décret du 30 avril  
1949 font une obligation aux Entrepreneurs de  
TRAVAUX PUBLICS de s'y affilier sans retard.

Il n'existe pour toute la France qu'une seule  
Caisse de Congés payés pour les Entrepre-  
neurs de TRAVAUX PUBLICS.



# **SERRA FRÈRES**

**entreprises maritimes**

TRAVAUX PORTUAIRES  
TRAVAUX OFFSHORE  
CONDUITES IMMERGÉES  
INGÉNIERIE NAVALE

83200 TOULON



**(94) 22.31.85 +**

Télex : 400.349 F



## **société française de distribution d'eau**

•  
Gestion des services  
de distribution d'eau  
et d'assainissement  
•

89, rue de Tocqueville  
75017 PARIS  
Téléphone : 766.51.98

**ASSOCIATION FRANÇAISE  
POUR L'ÉTUDE DES EAUX**



**CENTRE NATIONAL  
DE DOCUMENTATION  
ET D'INFORMATION  
SUR L'EAU**

— Producteur d'une base de données bibliographiques sur l'eau au niveau international.

- Support informatique depuis 1970.
- 5 000 analyses et références documentaires nouvelles chaque année.
- Bibliothèque contenant plus de 80 000 documents, dont 10 000 ouvrages.
- Thésaurus.

**Diffusion des informations :**

- Bulletin bibliographique mensuel « **Information - Eaux** ».
- Fichier permettant la recherche rétrospective des informations à partir des descripteurs du Thésaurus.
- Interrogation de la base de données **eau** en mode conversationnel sur serveur ESA-IRS.
- Consultations documentaires.
- Synthèses bibliographiques.

association française pour l'étude des eaux  
21, rue de madrid, 75008 paris téléphone : 522-14-67

**BUREAU  
d'ÉTUDES  
de DÉTECTION  
et d'APPLICATIONS  
TECHNIQUES**

Sté NOUVELLE B.E.D.A.T.  
47, Bd du Maréchal-Joffre  
92340 BOURG-LA-REINE  
Tél. (1) 663.10.20  
(à partir du 2.02.1984 : (1) 661.80.03)

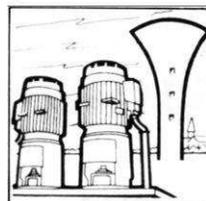


**Bureau d'études spécialisé**

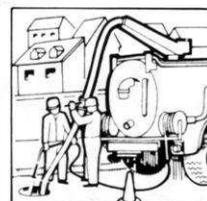
- Dans la recherche et la détection de
  - Canalisations d'eau
  - Canalisations d'assainissement
  - Autres réseaux et câbles divers
- Dans le contrôle d'étanchéité de réseaux
- Dans la cartographie de réseaux et l'élaboration de banques de données urbaines
- Dans le diagnostic et l'étude de réseaux
- Dans le repérage de réseaux par système de plaques signalitiques
- Nos principales références :  
ROANNE, REIMS, VANNES, ISSOUDUN, GRASSE, JOIGNY, C.E.N., SACLAY, GENIE MILITAIRE, E.D.F., G.D.F., TELECOMMUNICATIONS.

**SAUR**

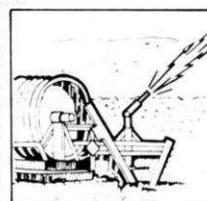
UN GRAND NOM  
AU SERVICE  
DES COLLECTIVITÉS



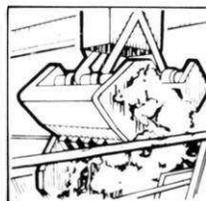
Eau potable



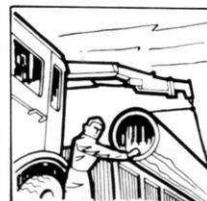
Assainissement



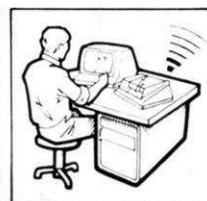
Irrigation



Ordures ménagères



Travaux



Télécontrôle 24 h/24 h

**SAUR**

**SOCIÉTÉ D'AMÉNAGEMENT  
URBAIN ET RURAL**

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

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**

# **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

**Toute  
notre énergie  
est pour vous**



23, rue Philibert-Delorme  
75840 PARIS CEDEX 17  
Tél. : (1) 754.20.93 ou 754.21.53

MGTB

# **TIMAC**

**engrais  
et amendements  
calcaires**



B.P. 158  
35408 ST-MALO Cedex

**PAVAGES EN TOUS GENRES**

# **ASSOCIATION OUVRIERE DE PAVAGES**

**SPECIALITE DE TROTTOIRS  
CARRELAGES INDUSTRIELS  
TARMACADAM**



21, rue des Fusillés - EMMERIN  
59320 HAUBOURDIN

Tél. (20) 07.34.52

**LA FONTE DUCTILE,  
UN MATÉRIAU SÛR  
AU SERVICE DE  
L'ASSAINISSEMENT**

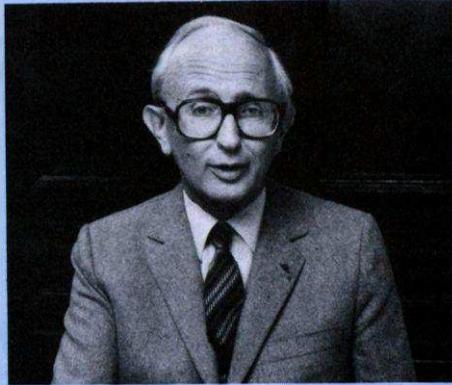
- CANALISATIONS  
INTÉGRAL
- TÉS SÛRETE  
de visite ou de curage
- Pièces de voirie  
et d'assainissement



**PONT-A-MOUSSON S.A.**

4X, 54017 NANCY CEDEX

# Éditorial



## Le "Modèle Français"

*par Guy DEJOUANY*

*Président Directeur Général de la Compagnie Générale des Eaux  
Président d'Honneur de l'Association Internationale des Distributions d'Eau  
(AIDE)*

La revue PCM a bien voulu me demander de préfacier ce numéro spécial consacré à l'eau. Je l'en remercie et saisis l'occasion pour souligner quelques aspects du système français de distribution d'eau potable.

Le sait-on ? La France est dotée d'un système original de distribution d'eau, et sans doute l'un des plus performants du monde. Globalement l'eau potable est un service public qui, malgré de nombreuses contraintes, fonctionne bien (sécurité, qualité, continuité du service). Les prix sont parmi les plus bas des pays industrialisés. Les techniques de pointe mises en œuvre et le savoir faire des spécialistes de l'eau nous placent parmi les tout premiers du marché international. Des représentants de nombreux pays viennent visiter nos installations et tenter de découvrir le secret de nos réussites. Elles tiennent en deux mots : décentralisation et émulation.

La distribution de l'eau potable est un service public communal. Les communes, groupées le cas échéant en syndicat intercommunal, détiennent l'entière maîtrise du service. C'est à elles, d'une part, de décider des ouvrages à construire, d'autre part, de s'assurer de la bonne exécution du service. L'État exerce de son côté, divers contrôles relatifs notamment à la santé et aux tarifs.

Dans ce cadre coexistent deux méthodes de gestion de la distribution de l'eau : la gestion directe (régie) et la gestion déléguée à des entreprises spécialisées. Les conseils municipaux ont une possibilité de choix : 53 % des communes ont recours à la régie et 47 % à la gestion déléguée.

Régie ou gestion déléguée ? Il n'y a pas de panacée. Chaque solution peut avoir ses avantages et il appartient aux élus de bien peser le pour et le contre.

La complexité et la spécialisation croissante de la gestion des services sont des raisons qui ont incité les maires à recourir davantage à la gestion déléguée. Confier les tâches quotidiennes du service à des spécialistes compétents et expérimentés, plutôt que trop faire soi-même, peut permettre aux responsables locaux de se consacrer à l'essentiel de leur rôle de gestion et d'animation, et d'améliorer le niveau de performance.

Ainsi, le "Modèle Français" concilie l'initiative locale et l'efficacité du Service. L'intervention des entreprises spécialisées se fait sous le régime de l'association. La coexistence entre la gestion directe et la possibilité de faire appel à des entreprises spécialisées, entretient l'émulation, respecte l'autonomie locale et, en définitive, profite aux usagers.

Au niveau national l'élévation des normes d'hygiène, mais aussi le rattrapage du retard de l'assainissement, la rigueur tarifaire, et le ralentissement des investissements ne peuvent qu'inciter les responsables à rechercher encore et toujours la meilleure utilisation des compétences, la meilleure complémentarité entre les différents spécialistes.

Au niveau international, le "Modèle Français" présente beaucoup d'attraits (outre son originalité juridique). Il est conforté par une expérience intérieure la plus vaste à l'échelle internationale (sait-on que le premier groupe français de distribution d'eau compte près de trois fois plus d'abonnés que le premier groupe de distribution d'eau des États-Unis ?). Mais aussi, il a prouvé son efficacité directe — nombreux sont les étrangers qui nous envient notre eau du robinet — et indirecte — a su encourager, depuis plusieurs décennies, des groupes d'entrepreneurs qui ont montré leur capacité à exporter —. A Moscou ou à Montréal, à Barcelone ou Riyad... l'eau bue par les habitants comporte une valeur ajoutée française.

# Des priorités nationales pour l'eau

par *Thierry CHAMBOLLE*  
*Directeur de la prévention des Pollutions*  
*au Secrétariat d'État à l'Environnement et à la Qualité de la Vie*

*Barrage de Villefort.*

Quand il s'agit de l'eau, quand on vous parle d'eau, qu'est-ce que cela vous fait ? Fermez les yeux. Laissez grandir en vous, une à une, se fixer puis s'effacer toutes les images qui vous assaillent à ce seul mot.

Souvenez-vous. Neuf mois dans l'eau, à écouter battre un cœur, neuf mois pour devenir vous, comme naquit jadis la vie de l'eau et du soleil. Puis l'eau de votre enfance, l'eau des flaques et des premiers bateaux d'écorce, l'eau des vacances et des premières parties de pêche. L'eau des baignoires qui se remplissent et qui se vident en combien de temps ? Et plus tard, l'eau qui manque, l'eau qui fuit, l'eau qui inonde. Eau rêveuse, eau utile, eaux grondeuses.

Eau sérieuse enfin de l'ingénieur : celle que l'on éloigne pour éviter les dommages, celle que l'on rapproche pour satisfaire la demande, celle que l'on traite pour lui restituer sa pureté originelle, celle que l'on retient et relâche le moment venu.

Pourquoi cette entrée en matière un peu délirante. Pour faire comprendre que toute politique de l'eau doit composer avec des mythes et des réalités, avec la gratuité et l'intérêt, avec le quotidien et le futur, avec la poésie et la technique. D'où sa difficulté, ses complications, ses traverses. D'où aussi son passionnant intérêt pour l'ingénieur, l'économiste, le sociologue.

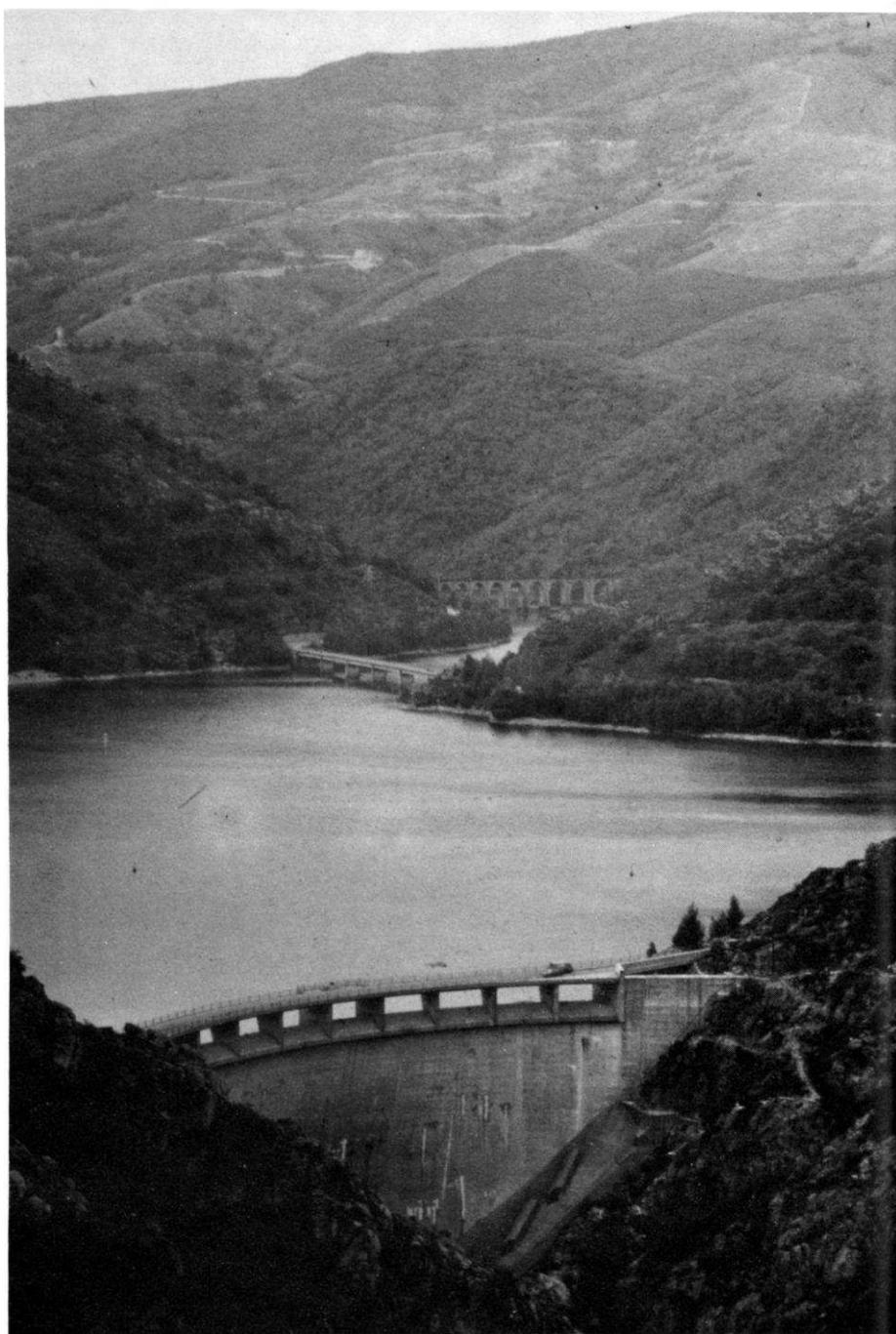
---

## I — L'eau en France

---

Et d'abord quand on veut parler d'eau, de quoi s'agit-il en fait : du torrent, de la rivière, du fleuve qui reconduisent inlassablement l'eau à la mer d'où elle vient et qui ce faisant modèlent le paysage et le submergent en temps de crues, des poissons et des plantes qui prospèrent dans l'eau ou s'étiolent si elle est épuisée, salie, corrompue, de l'eau enfin, ressource indispensable à la vie, à l'agriculture, à l'industrie.

Elaborer une politique de l'eau, assurer la gestion des eaux, c'est naturellement prendre tous ces aspects en compte et donc d'abord les connaître.



La longueur totale des cours d'eau est évaluée à 264 000 km dont 250 000 km de cours d'eau non domaniaux — le lit et les berges appartiennent aux riverains — et 14 000 km de cours d'eau domaniaux. Les lacs, étangs et retenues de plus de 10 ha, au nombre de plus de 1 600, couvrent environ 2 000 km<sup>2</sup>. Un immense domaine de nature. A cela s'ajoutent les nappes d'eau souterraines diversement réparties sur le territoire qui jouent un rôle capital de régulation, car leur volume considérable leur confère une faible sensibilité aux sécheresses.

Nous disposons en France, en moyenne, chaque année, de 200 km<sup>3</sup> d'eau qui s'écoulent par ce réseau hydrologique superficiel ou souterrain ; 130 km<sup>3</sup> seulement en année sèche à peu près tous les dix ans. Les prélèvements annuels par l'agriculture (20 %), l'industrie (16 %), les centrales (40 %), les usages domestiques (16 %) s'élèvent à environ 25 km<sup>3</sup> et les consommations à 3,5 km<sup>3</sup> soit respectivement 12 % et 1,7 % de l'écoulement annuel moyen.

Comme on le voit le problème de l'approvisionnement en eau ne se pose pas en France en termes de ressources globales mais il s'agit de disposer au bon endroit et au bon moment, d'une eau de qualité convenable, en quantité suffisante et au moindre coût, compte tenu des besoins exprimés par les usagers. Il s'agit aussi d'atteindre cet objectif en respectant la nature et en garantissant aux espèces les conditions indispensables à leur vie et à leur reproduction.

Le système de l'eau apparaît ainsi du point de vue strictement hydrologique comme un cycle primaire — le cycle de l'eau dont un Français, Edmé Mariotte, démontra, il y a un peu plus de trois cents ans, l'existence par l'étude du volume des pluies sur le bassin de la Seine — et comme un ensemble de cycles secondaires induits par les besoins des villes, des agriculteurs ou des industriels, greffés sur le cycle primaire.

Pour dégager les priorités nationales de la politique de l'eau, il faut s'interroger sur les principaux dysfonctionnements de ces cycles.

## II — Les dysfonctionnements

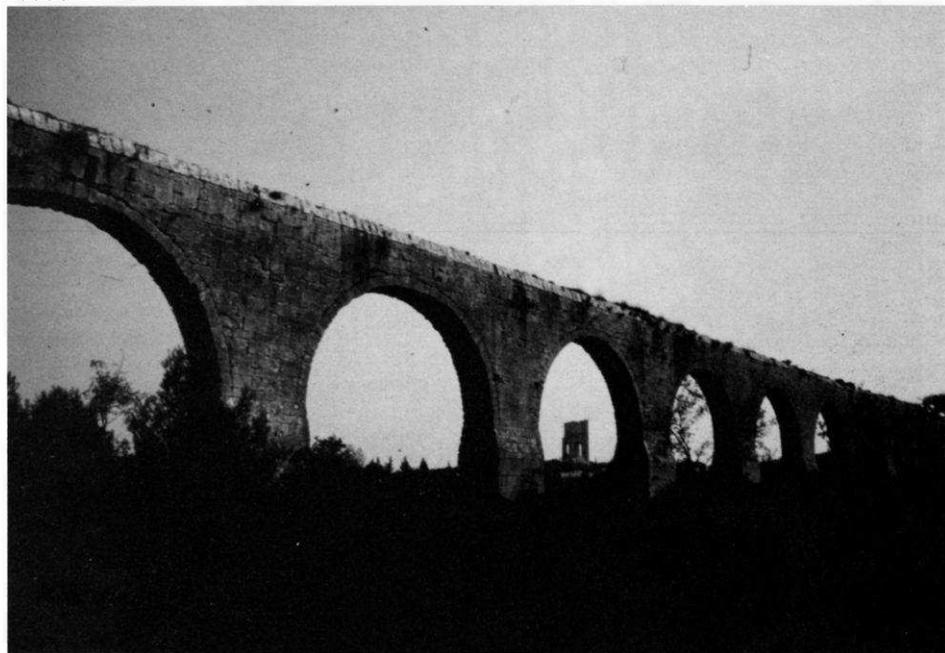
En l'absence même de toute intervention humaine, le cycle primaire, c'est-à-dire l'écoulement des eaux par les rivières, connaît des variations et des évolutions qui sont préjudiciables à la nature et à l'homme.

L'irrégularité bien connue des pluies, même si elle est relativement limitée dans notre pays, provoque l'insuffisance ou l'excès d'eau, la sécheresse ou l'inondation.

L'érosion des sols et le transport des sédiments entraînent un encombrement des lits qui diminue leur capacité d'écoulement, favorise l'apparition de marais ou provoque des divagations du lit mineur.

Les activités humaines, l'agriculture ou l'urbanisation aggravent certains de ces phénomènes naturels et accroissent le coût des dommages qui en résultent.

*Viaduc de Coslnies.*



Il faut donc entretenir les rivières et réguler leur débit pour protéger aussi bien l'homme que la nature elle-même dans l'état où nous la connaissons et où nous l'apprécions. Les inondations localisées ou étendues que notre pays subit régulièrement montrent bien que cette maîtrise collective des cours d'eau et de leur débit n'est pas assurée à un niveau suffisant.

Les cycles secondaires (prélèvement, consommation et restitution directe ou différée) sont, eux, générateurs de pénuries et de pollution.

En étiage, la multiplication des prélèvements peut mettre à sec la rivière et y tarir toute vie. De même, les rejets d'eaux usées non traitées asphyxient la rivière, sa faune et sa flore.

L'inventaire du degré de pollution des eaux superficielles effectué en 1981 sur plus de 1 200 points de 540 rivières fait apparaître par rapport à 1976 une amélioration de la situation.

## CIFEC INFO 36



### Analyses des eaux

chlore libre ou total, bioxyde de chlore, ozone, fer, manganèse, nitrite, nitrate, turbidité, pH, TH, TAC, TA, etc.

Mesures colorimétriques au DPD  
Analyseurs portables pour mesure automatique  
Analyseurs en continu avec enregistrement.

Notice gratuite sur demande CIFEC N° 36 - Préciser votre spécialité

**CIFEC** COMPAGNIE INDUSTRIELLE DE FILTRATION  
ET D'ÉQUIPEMENT CHIMIQUE

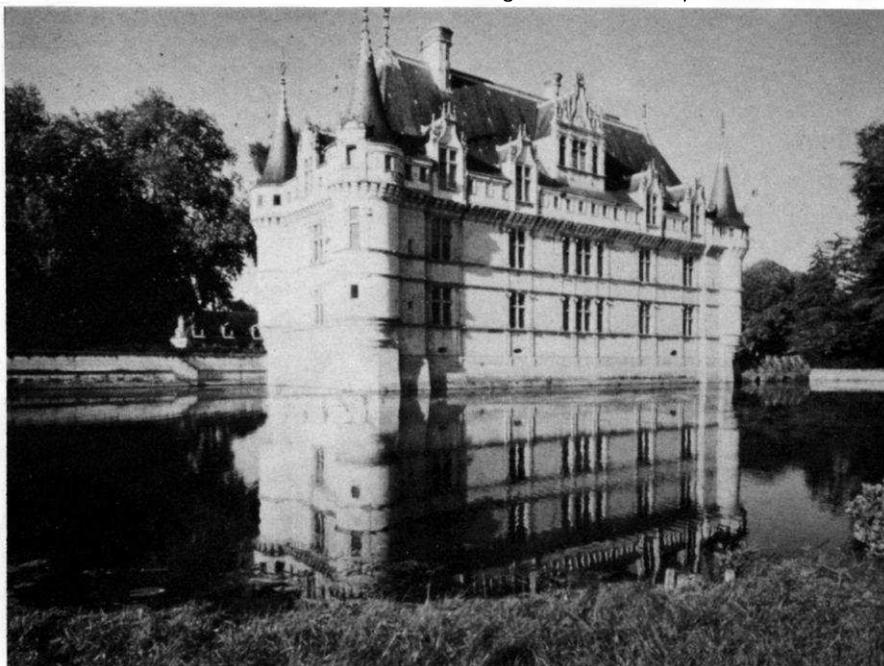
10, av. de la Porte Molitor, 75016 Paris - Tél. 1/651.52.04 - Télex 611 627 F

Par référence à un indice global, l'indice biotique moyen qui s'efforce de caractériser l'aptitude du milieu à la vie aquatique, 76 % des points de mesure sont classés en bonne et très bonne qualité au lieu de 67 %.

Ce résultat encourageant doit cependant être tempéré par la comparaison des hydraulicités des années 76 (exceptionnellement sèche sur certaines parties de la France) et 81 (plutôt abondante).

Il reste que la moitié des effluents toxiques de l'industrie, les 2/3 de la pollution des villes sont encore déversés dans les cours d'eau.

Le recensement de 1981 a montré en outre une aggravation de la pollution par des dérivés de l'azote et du phosphore liée pour une part aux activités agricoles. Cette aggravation est encore plus marquée pour les eaux souterraines dont la teneur en nitrates connaît une forte augmentation dans certaines zones du pays comme le nord, le centre et l'ouest et dépasse progressivement les limites de potabilité.



Azay-le-Rideau.

### III — Les grandes priorités de l'eau

Cette description rapide des dysfonctionnements des cycles de l'eau en France fait apparaître clairement quatre grandes priorités pour l'eau.

#### 1) Il faut améliorer la gestion de l'eau

L'organisation de cette gestion est difficile. L'eau est une ressource trop quotidienne pour ne pas être gérée au plus près du terrain par les collectivités locales et les usagers eux-mêmes. Il en va de même des

rièrres considérées comme des biotopes ou des éléments du cadre de vie. Pourtant, les décisions locales ne peuvent être prises sans concertation, sans fil conducteur de la planification et sans le respect de la solidarité qui lie entre eux les usagers d'un même bassin.

La loi de 1964 a apporté les bases nécessaires :

— le comité de bassin constitué d'élus, d'usagers et de représentants de l'Administration permet la concertation sur les grands problèmes du bassin ;

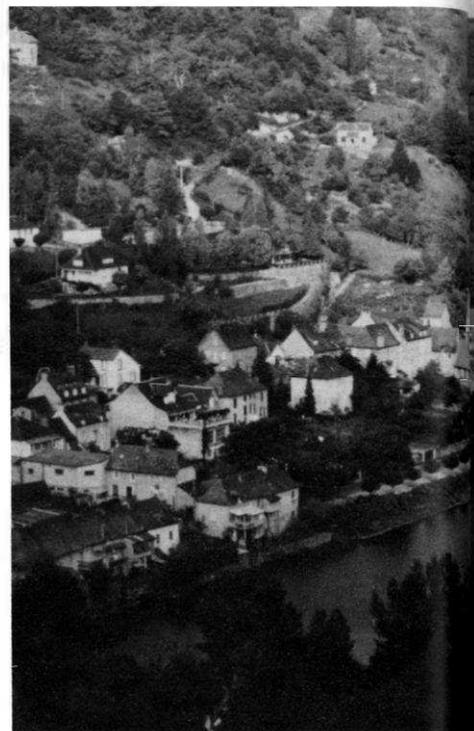
— les cartes départementales d'objectifs de qualité et les schémas d'aménagement des eaux qui servent de référence pour l'exercice de la police des eaux par l'administration de l'État et pour la programmation des investissements, constituent ce fil conducteur ;

— enfin, les redevances acquittées par les usagers sur les eaux prélevées ou consom-

mées et sur la pollution rejetée et la redistribution du produit de ces redevances par les Agences de Bassin sont l'expression concrète de la solidarité qui unit les usagers d'un même bassin.

La récente loi sur la pêche complète ce dispositif en introduisant la notion de gestion solidaire du patrimoine piscicole.

A cause de la multiplicité des acteurs et de la stratification d'organisations successives héritées d'un long passé administratif, l'administration de l'eau en France n'est pas aussi limpide et efficace qu'elle devrait l'être. Mais des progrès ont été faits. On peut penser qu'il s'en fera encore par une recherche de la simplification des structures.



Le Lot.

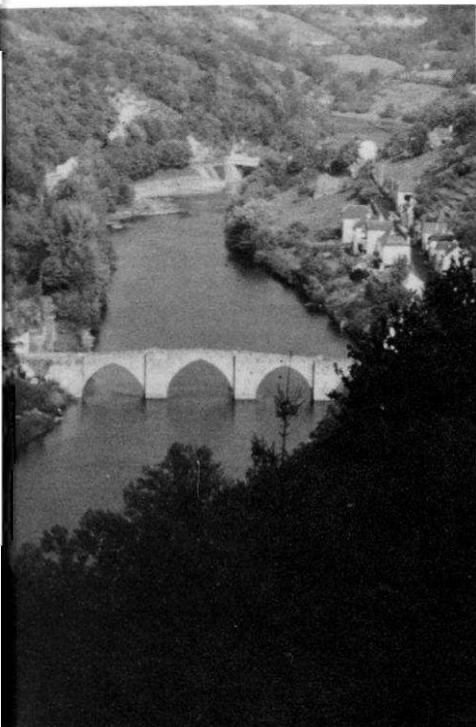
#### 2) Il faut protéger plus efficacement les rivières et les riverains

Cette action doit évidemment s'adapter à la variété des situations.

Sur la petite rivière de campagne, il faut pouvoir assurer un entretien des fonds, des berges, de la végétation, respectueux du biotope. La rivière continuera ainsi à jouer son rôle pour le drainage des terres, l'écoulement rapide des pluies d'orage, l'embellissement du paysage et la vie d'une flore et d'une faune riches et diversifiées.

Des associations de pêcheurs ou de protection de la nature comme l'APPSB en Bretagne ont montré l'exemple. Un cahier technique de la direction de la prévention des pollutions illustrera et diffusera prochainement ces méthodes douces. Les agences de bassin subventionnent la remise en état de rivières laissées à l'abandon. Sur des cours d'eau plus importants, il s'agira de mettre fin aux extractions de matériaux inconsidérées qui provoquent l'effondrement des berges et de certains ouvrages d'art, l'abaissement des lits et des nappes alluviales ; il pourra s'agir encore d'interdire ou de réglementer étroitement la construction d'ouvrages hydroélectriques. Sur d'autres encore, il sera nécessaire d'organiser l'annonce des crues, la prévention des inondations par des ouvrages écrêteurs de crue ou des digues et de freiner l'urbanisation.

Le programme prioritaire n° 12 du IX<sup>e</sup> plan prévoit une action renforcée dans ce domaine en Métropole comme dans les départements d'Outre-Mer.



Les collectivités riveraines doivent s'organiser en syndicats pour assurer la maîtrise d'ouvrage de ces travaux qui peuvent revêtir une grande ampleur comme sur la Seine et la Loire.

### 3) Il faut accentuer l'effort d'assainissement

Pour les industriels, il s'agit surtout de poursuivre l'effort entrepris en mettant l'accent sur les substances toxiques et la prévention des pollutions accidentelles.

Pour les villes, un vigoureux effort doit être fait pour moderniser, développer et mieux gérer les réseaux d'assainissement.

L'objectif est de faire passer progressivement au cours du IX<sup>e</sup> plan le volume annuel des investissements de 4,5 à 6 milliards de francs grâce à une aide accrue des agences et à une mobilisation des élus.

### 4) Il faut lutter contre les pollutions par les dérivés de l'azote et du phosphore

Cette action est engagée avec le concours des agences de bassin depuis 1982 en ce qui concerne les sources ponctuelles, industrielles ou urbaines.

A la suite des travaux du groupe Héning sur la pollution des eaux par les activités agricoles, une action d'ensemble est engagée à laquelle doivent contribuer tous les agriculteurs soucieux d'éviter le gaspillage de l'engrais et des autres produits de culture.

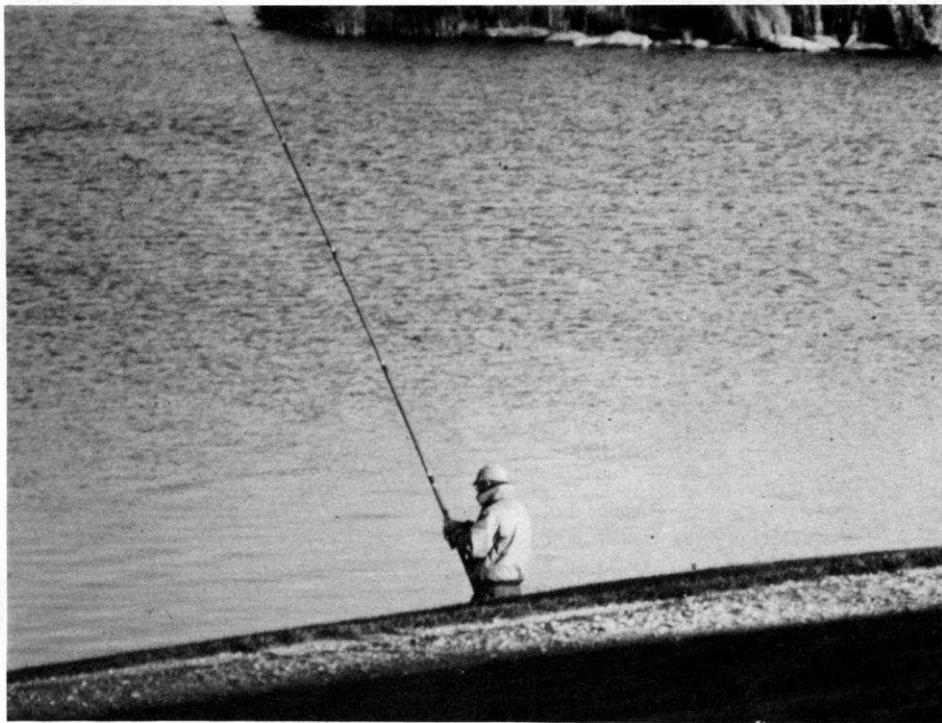
Enfin, est posé pour les phosphates, le problème des apports dus aux lessives et de leur réduction dans les zones comme le bassin du lac Léman où s'observent des phénomènes d'eutrophisation dus à l'excès de nutriments (azote et phosphore).

Il est souhaitable qu'au-delà des quatre priorités clairement affirmées ci-dessus, s'éveillent dans l'opinion publique non seu-

lement la conscience de la responsabilité de chacun d'entre vous vis-à-vis de l'eau (lutte contre le gaspillage, la pollution) mais aussi une perception claire d'une situation extraordinairement favorisée par rapport à celle de nombreux pays en recherche de leur auto-développement.

L'action d'une association comme "ingénieurs sans frontières" peut aider à cette prise de conscience qui devrait déboucher sur une contribution accrue de l'Europe aux projets relatifs à l'eau et à l'assainissement dans ces pays, comme l'ont proposé Michel Crepeau et Huguette Bouchardeau.

En terminant, on ne peut manquer de rappeler que le secteur de l'eau représente en France 150 000 emplois et 26 milliards d'investissements, c'est-à-dire des hommes, des techniques et aussi une capacité réelle d'exportation. Je souhaite que de nombreux ingénieurs du PCM aient le goût de travailler dans ce domaine. ■



Pêcheur à Cuteil.

## CIFEC INFO 72

### Stérilisation des eaux potables et industrielles, eaux de piscines



Sert plus de 10.000 communes en France

### Chloromètres de sécurité CIFEC

à fixation directe sur bouteille ou tank de chlore.

- fonctionnement en dépression par rapport à l'atmosphère
- installés et mis en service en moins d'une heure
- contact électrique pour alarme en cas de manque de chlore
- inverseur automatique de bouteille de chlore
- analyseur et régulation automatique

Notice gratuite sur demande CIFEC N° 72 - Préciser votre spécialité

**CIFEC** COMPAGNIE INDUSTRIELLE DE FILTRATION ET D'ÉQUIPEMENT CHIMIQUE

10, av. de la Porte Molitor, 75016 Paris - Tél. 1/651.52.04 - Télex 611 627 F

# L'agence de l'eau Artois-Picardie : bientôt 18 ans !

par Yvon RAAK  
Directeur de l'Agence de l'eau Artois-Picardie

Lorsque le Législateur a mis en chantier la Loi sur l'Eau de 1964, il se trouvait face à une situation devenue quasiment intolérable : ainsi de 1954 à 1964 la longueur des cours d'eau totalement dépourvus de vie piscicole avait doublé dans la région Nord-Pas-de-Calais, plus de 80 % des forages dans la nappe de la craie au Sud de Lille présentaient une pollution bactérienne et plus de 60 % une pollution par les phénols. Responsables de cet état de fait : l'industrialisation rapide du pays, l'évolution démographique et une concentration urbaine très nette. D'autre part, les administrations ayant en charge les problèmes de l'eau, manquaient cruellement de personnels qualifiés et de moyens financiers pour assumer cette tâche, occupées qu'elles étaient par la modernisation de l'industrie, des infrastructures et de l'agriculture du pays.

C'est dans ce contexte que sont nés les organismes de bassin issus des articles 13 et 14 de la Loi du 16 décembre 1964 :

- le Comité de Bassin,
- l'Agence Financière de Bassin,
- la Mission Déléguée de Bassin,

qui structurent l'échelon décentralisé du système de gestion de l'eau.

## L'économie du système

Elle résulte de quelques dispositions essentielles de la Loi :

— c'est le bassin hydrographique qui constitue l'unité géographique la mieux adaptée et le cadre le plus apte à une gestion rationnelle de l'eau et à une mise en œuvre de la solidarité des usagers entre eux ;

six bassins ont ainsi été dessinés,

— la gestion de l'eau doit associer étroitement les administrations, les collectivités locales et les usagers. C'est dans cette dernière catégorie que sont représentés les industriels ;

— les ressources financières sont collectées et redistribuées selon le principe de la mutualité : cette mutuelle forcée, qui fait

payer aux différents utilisateurs de l'eau (pollueurs ou préleveurs) des redevances à des taux fonction des inconvénients de leur action, en redistribue la totalité pour aider à la réalisation d'ouvrages d'intérêt commun au bassin.

- les représentants des Collectivités Locales élus par les Conseils Généraux,
- les représentants des usagers (industriels, agriculteurs, association de pêcheurs et de tourisme...),
- les représentants de l'Administration parmi lesquels les Préfets de Région. \*



Épandage d'engrais.

Comme l'a dit Jacques Bodelle, les organismes de bassin sont nés "de la rencontre d'une idée théorique — donner une valeur à l'eau — et d'une volonté politique — créer une organisation responsable, hors des cadres classiques de la Commune, du Département ou de l'Administration —".

## Les organismes

### Le Comité de Bassin

Le Comité de Bassin groupe les usagers et les décideurs en 3 catégories :

Au total, et pour le Bassin Artois-Picardie, ce sont 51 membres titulaires et autant de suppléants qui constituent un véritable parlement de l'eau : le Comité de Bassin approuve les programmes pluriannuels d'intervention établis par l'Agence et notamment l'assiette et le taux des redevances qui financent ces programmes : ainsi aucun programme d'amélioration des ressources en quantité ou en qualité ne

\* Un projet de loi qui sera soumis prochainement à l'Assemblée, prévoit l'abandon de ce tripartisme, donne aux collectivités territoriales une représentation plus importante et propose l'entrée au Comité de représentants des organisations les plus représentatives au plan national des employeurs et des travailleurs.

peut recevoir de financement sans un vote positif sur celui-ci et sur les moyens financiers à créer.

#### L'Agence de Bassin

L'Agence de Bassin, qui, en Artois-Picardie a pris le nom d'Agence de l'Eau, est un établissement public à caractère administratif, doté de la personnalité civile et de l'autonomie financière.

Outil d'exécution du Comité, elle perçoit les redevances, auprès des pollueurs ou des préleveurs, et peut aider financièrement les ouvrages nécessaires à l'amélioration de la ressource ou à la lutte contre la pollution. Son rôle est donc d'établir une solidarité entre les utilisateurs d'un même bassin et de promouvoir une véritable politique de gestion économique de cette matière première indispensable que constitue l'eau.

Elle est administrée par un Conseil d'Administration de 20 membres dont 10 représentants des Ministères ayant des compétences dans le domaine de l'eau, 5 représentants des Collectivités Locales, membres du Comité de Bassin et 5 représentants des Usagers, également désignés par le Comité de Bassin. \*

Le cadre de son action est le programme pluriannuel d'intervention établi, pour une durée de cinq ans, en tenant compte des problèmes de gestion des eaux dans le bassin, des besoins et des possibilités des Usagers.

#### La Mission Délégée de Bassin

Toutes les actions entreprises au niveau du bassin sont menées en étroite collaboration avec les services administratifs compétents. C'est le rôle de la Mission Délégée de Bassin, composée de Fonctionnaires, que d'effectuer la synthèse et d'assurer la cohérence.

En définitive, grâce aux structures données à l'Agence et au Comité de Bassin et à leurs règles de fonctionnement, une concertation permanente s'instaure entre l'État, les Élus et les représentants des Usagers, en vue de promouvoir une politique de l'eau qui ait l'agrément de tous.

\* Le même projet de Loi institue une représentation à part égale pour les représentants des Collectivités, des Usagers et des Administrations.



Bras de la Somme, avec déchets. Un retard dans le raccordement des habitants à l'égout.

## CIFEC INFO 87

Explosion impossible

Sécurité totale

Plusieurs centaines de villes dans le monde.



## Bioxyde de chlore pur

sans acide - sans risque d'explosion  
sans excès de chlore

SÉCURITÉ - EFFICACITÉ - ÉCONOMIE

Le secret du **Générateur BIOXY-CIFEC** (100% français) est sa boucle d'enrichissement appelée par les américains « french enrichment loop »

Notice gratuite sur demande CIFEC N° 87 - Préciser votre spécialité

**CIFEC** COMPAGNIE INDUSTRIELLE DE FILTRATION ET D'ÉQUIPEMENT CHIMIQUE

10, av. de la Porte Molitor, 75016 Paris - Tél. 1/651.52.04 - Télex 611 627 F

## Ou en est-on dans le bassin Artois-Picardie ?

Le Bassin "Artois-Picardie" couvre trois départements en totalité (Nord, Pas-de-Calais, Somme) ainsi qu'une fraction du département de l'Aisne (région de Saint-Quentin et Ouest de la Thiérache). Sa superficie est d'environ 20 000 km<sup>2</sup> (moins de 4 % du territoire national) pour une population d'environ 4,5 millions d'habitants (soit plus de 8 % de la population nationale). Ces deux chiffres, rapprochés, rappellent la grande densité démographique et industrielle de certains secteurs du bassin.

Sur le plan hydrographique, il comprend un grand nombre de cours d'eau à faible débit, drainant d'assez faibles superficies.

Sur le plan industriel, à noter une prédominance du "primaire" sur les activités de transformation, à l'exception de l'industrie automobile. Malgré une forte diminution d'activité, ces dernières années, les industries minières, textiles, sidérurgiques et chimiques restent des points forts de la région.

### Le plus urgent est fait

Il y a 10 ans, la pollution était tellement extrême dans certains secteurs du bassin, que les bactéries, allant chercher l'oxygène là où elles pouvaient encore en trouver, s'attaquèrent aux sulfates et créèrent ainsi de l'hydrogène sulfuré, gaz très nauséabond dont les dégagements justifiaient les plaintes des riverains.

Sauf rare exception, cette situation n'existe heureusement plus. Et effectivement les investissements réalisés par les industriels ou les Collectivités Locales depuis 1970 et aidés par l'Agence ont été considérables et ont abouti à des résultats certains, comme en témoignent les deux tableaux suivants :

EVOLUTION DE LA POLLUTION REJETEE PAR L'INDUSTRIE (Pollution organique * rejetée constatée en millions d'Equivalent-habitant)			
1970	1975	1978	1984 (investissements en cours terminés)
3,6	2,7	2	1
Montant des travaux : (Francs 83)		1700 MF	
Montant des aides de l'Agence : (Francs 83)		1030 MF	

\* Pour les matières toxiques, hors rejets en mer, diminution de 70 % des matières inhibitrices rejetées au milieu naturel entre 1975 et 1983.

TABLEAU N° 1

### Mais les problèmes de fond s'amplifient

En dehors des secteurs où des actions ponctuelles d'envergures exceptionnelles ont pu être menées, si l'on regarde la situation des cours d'eau au cours des dix dernières années, on constate une situation

SITUATION DE L'ASSAINISSEMENT COLLECTIF DANS LE BASSIN					
Population agglomérée du bassin + industries raccordées (1) E.H.	Capacité théorique des stations d'épuration existantes (2)	Taux d'équipement des stations (2) / (1)	Pollution entrant dans les stations (3)	Taux d'équipement en réseaux d'assainissement au raccordement à l'égout (3) / (1)	Coefficient de charge (3) / (1)
6.370.000	4.100.000	64,4 %	2.720.000	42,7 %	66,3
Montant des travaux réalisés par les Collectivités (Francs 83)			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stations d'Épuration</li> <li>• Ouvrages et Transport d'Eaux Usées (OTEU)</li> <li>• Réseaux</li> </ul>		
Montant des aides de l'Agence (Francs 83)			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stations d'Épuration</li> <li>• Ouvrages de Transport d'Eaux Usées (OTEU)</li> <li>• Réseaux</li> </ul>		

moyenne qui ne s'est guère améliorée. Si l'on considère uniquement le critère des classes de qualité des cours d'eau, il y a à peu près autant d'améliorations que de dégradations ; par contre si on regarde les sens d'évolution, on voit qu'entre les périodes 1974-1977 et 1977-1980, pour un secteur où la tendance est à l'amélioration, il s'en trouve deux où elle est à la dégradation. On assiste donc à une médiocrisation générale des cours d'eau du Bassin. Quelles en sont les raisons :

#### • La lutte contre la pollution des villes est une œuvre de longue haleine

Des réalisations importantes ont été effectuées depuis 10 ans dans le domaine des stations urbaines. Le taux d'équipement théorique atteint ainsi (tableau 2) les 65 %. Mais les stations d'épuration en elles-mêmes constituent en quelque sorte l'arbre

d'Épuration) et par la quantité de pollution qui y parvient, d'autre part ; or la plupart des stations sont actuellement sous-chargées (à peine les deux tiers de leur capacité) et ceci essentiellement à cause du retard des réseaux d'assainissement domestiques : le taux d'équipement en réseaux d'assainissement et raccordements des habitations à l'égout dépasse péniblement 40 % à la fin de l'année 1983 ! Et encore, les centres villes anciens sont très souvent considérés comme desservis par l'assainissement, car drainés par les anciens systèmes de canaux ou de réseaux d'égouts dont la seule fonction est l'évacuation la plus directe possible au milieu naturel. La reprise de ces centres villes sera sans doute une des tâches les plus prioritaires et les plus difficiles (techniquement et financièrement) des années à venir.

#### • Après l'ammoniaque, les nitrates !

L'ammoniaque avait été la mauvaise surprise du milieu de la décennie 70. Celle de ces dernières années est la dégradation de la situation sur le plan des nitrates, particulièrement nette sur quelques-uns des principaux cours d'eau du bassin qui, sans ce paramètre, se trouveraient bien mieux classés dans l'échelle de qualité des cours d'eau et objectiveraient les efforts réalisés dans la lutte contre la pollution organique.

A cela, deux raisons très différentes :

— l'oxydation de l'ammoniaque : dans les secteurs où la pollution organique a été sensiblement réduite, les bactéries n'ont plus besoin d'aller puiser l'oxygène dans les nitrates (et donc de détruire ceux-ci). Au

contraire, elles utilisent l'oxygène dissous dans l'eau pour oxyder l'ammoniaque en nitrates ;

— la mauvaise utilisation des engrais : doses excessives appliquées trop brutalement.

TOIS-PICARDIE (en 1983)		
Pollution enlevée dans les stations	Rendement des stations	Pourcentage de Pollution éliminée
(4)	(4) / (3)	
2.154.000	79,2 %	<b>33,8 %</b>
1.800 MF		
960 MF		
380 MF		
460 MF		
235 MF		
72 MF		

#### Les pollutions accidentelles

Une pollution brutale peut, en un instant, dévaster un cours d'eau :

"les poissons ne meurent qu'une fois". Il faut donc veiller au bon fonctionnement permanent des stations d'épuration. Le rôle des SATESE auprès des Collectivités Locales a déjà été évoqué, une organisation de même objet sera mise en place dès 1984 pour les stations en milieu industriel. D'autre part, des études de fiabilité, utilisant les techniques éprouvées dans l'industrie spatiale ou nucléaire pour assurer la sécurité des installations, ont été réalisées sur des ouvrages d'épuration afin d'en démontrer l'efficacité.

#### Et demain

Extrapoler les tendances du passé ne permet pas aujourd'hui de deviner l'avenir ; l'Agence de Bassin Artois-Picardie est maintenant proche de sa "majorité" et certainement à un tournant de son histoire : la structure de ses ressources financières est en pleine évolution, les résultats obtenus et



Un ouvrage de transport d'eaux usées, en construction.

l'état actuel des cours d'eau du Bassin doivent entraîner une nouvelle réflexion sur les modalités d'action et enfin la mise en place de la décentralisation risque de modifier profondément le comportement des partenaires privilégiés de l'Agence que sont les collectivités territoriales.

#### Quelles ressources ?

Évaluer les ressources prévisionnelles de l'Agence pour les dix prochaines années est un exercice difficile, nécessitant la juxtaposition de phénomènes contradictoires et la réponse à des interrogations fondamentales :

## CIFEC INFO 268

Explosion impossible

Sécurité totale



### Destruction des goûts et des odeurs

dus aux chloramines, aux phénols

### Désinfection efficace

des réseaux longs et des eaux à pH supérieur à 7,8

### BIOXYDE DE CHLORE PUR

sans excès de chlore ni de chlorite

### avec le Générateur BIOXY-CIFEC

Notice gratuite sur demande CIFEC N° 268 - Préciser votre spécialité

**CIFEC** COMPAGNIE INDUSTRIELLE DE FILTRATION ET D'ÉQUIPEMENT CHIMIQUE

10, av. de la Porte Molitor, 75016 Paris - Tél. 1/651.52.04 - Télex 611627 F

- Résultats des efforts consentis par les industriels, mais aussi, il faut bien le dire, de la crise grave que connaît le Bassin, les assiettes des redevances pollution et prélèvement industriels diminuent régulièrement de 4 à 5 % par an depuis plusieurs années. En ce qui concerne les collectivités locales, les assiettes suivent l'évolution du nombre d'habitants pour lequel on observe une légère tendance à la hausse.

- Comment l'évolution des taux de redevance qui a été encadrée par les Pouvoirs Publics en 1983 (+ 7 %) et le sera en 1984 (+ 4 %), se positionnera-t-elle par rapport à l'inflation et surtout par rapport aux indices des Travaux Publics et de la Construction Mécanique dans les prochaines années.

- Quel sera le rythme d'accroissement du coefficient de collecte dans les années futures ? Il faut rappeler que le coefficient de collecte, créé par un décret de décembre 1982, s'applique comme un multiplicateur des redevances de pollution domestique et a pour but de financer les réseaux d'assainissement.

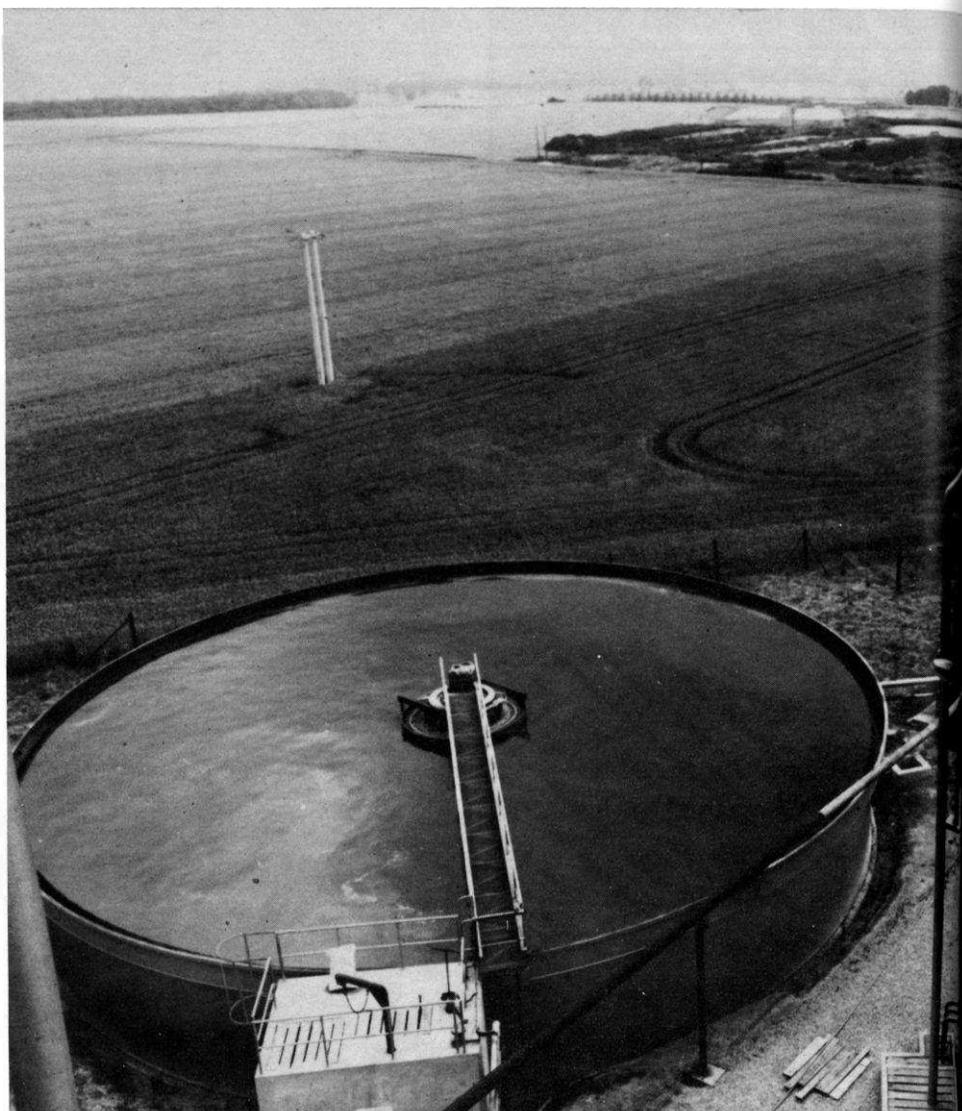
Ce coefficient a été fixé entre 1,10 et 1,14 pour 1984, selon les Agences avec un objectif d'une valeur de 1,50 à atteindre d'ici 1988, confirmé récemment par le Secrétaire d'État à l'Environnement et à la Qualité de la Vie.

Entre les assiettes qui diminuent, des taux de redevance évoluant moins vite que le prix des équipements qu'ils sont censés financer, mais par contre des ressources nouvelles créées par le coefficient de collecte, personne ne peut dire comment se fera l'équilibre. Ce qui est certain, c'est que la part des ressources de l'Agence provenant des redevances de prélèvement et de pollution domestique devrait continuer à s'accroître (actuellement près de 60 %) et, qu'en contrepartie, ce seront les Collectivités Locales qui recevront la majorité des aides distribuées.

### Pour quelle action ?

A une certaine époque, les besoins de lutte contre la pollution étaient si criants que toute initiative d'épuration dans quelque domaine ou quelque lieu que ce soit, se devait d'être aidée.

Aujourd'hui, les choses ont changé : faut-il continuer à "suivre" systématiquement les programmes établis par les départements alors que, bien souvent, les problèmes qui sont à résoudre par les Collectivités sont plus des problèmes d'évacuation des eaux usées que des problèmes de pollution urbaine et qu'on peut en arriver au paradoxe (en milieu rural notamment) de disséminer, dans le cas de certaines programmations très "égalitaires" les crédits dans une multitude de petites opérations qui ne seront pas opérationnelles avant l'achèvement de l'ensemble... soit dans un délai de 20 ans dans certains cas extrêmes ! D'ailleurs sur certains tronçons, il existe un con-



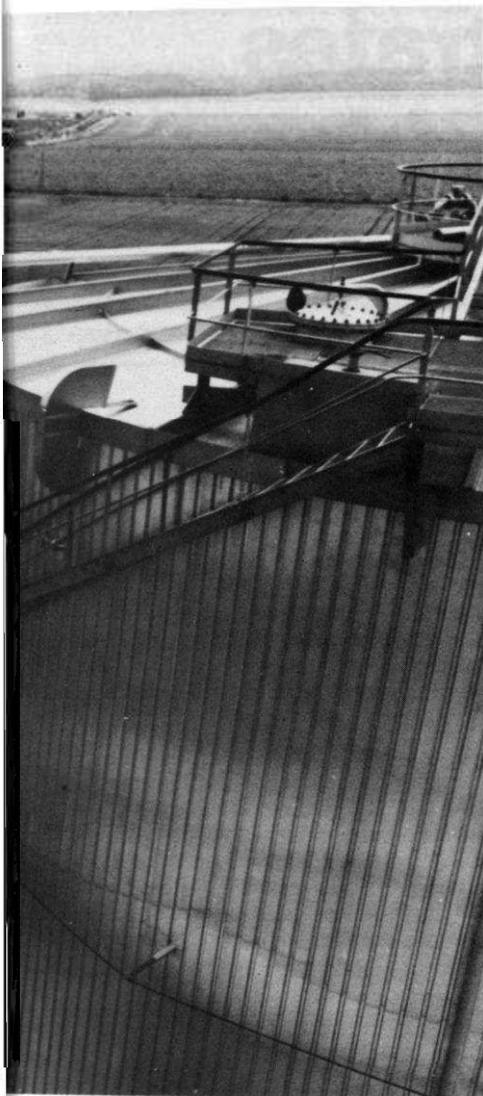
Ouvrage d'épuration chez Bonduelle à Renescure.

sensus conscient ou inconscient pour ne pas modifier la situation (l'eau étant dans ce cas considérée, plus comme un vecteur d'évacuation ou un élément d'un processus de production industrielle) ; est-il bien nécessaire de promouvoir une épuration qui, de toute manière, ne modifiera pas l'usage que l'on fait de cette eau et donc de perdre du temps et de l'argent sur ce tronçon ?

A cet égard, les mots ont leur importance : est-il judicieux de parler de qualité ? La notion d'usages de l'eau ne serait-elle pas plus adaptée : il n'est pas nécessaire véritablement de demander à un élu ce qu'il préfère : soit une eau de bonne qualité, soit une eau de mauvaise qualité ; la réponse sera toujours la même. Par contre, si on lui pose la question de savoir si le cours d'eau l'intéressant doit avoir, avant tout, un usage industriel ou un usage touristique (pêche, baignade, ec...) la réponse risque d'être différente.

Dans sa lettre adressée aux Présidents des Conseils d'Administration et aux Présidents des Comités de Bassin, vers le milieu de cette année, Mme Bouchardeau a été très claire sur ce point : "je vous demande de recourir à une sélectivité intransigeante dans le choix des aides attribuées par l'Agence. La priorité doit être donnée aux investissements qui concourent le plus rapidement et le plus directement à l'amélioration de la qualité des eaux et au soutien à l'emploi. Les investissements appartenant à des ensembles cohérents et comportant des engagements précis de tous les intéressés sont à favoriser".

Encore faut-il, avant de déterminer des priorités, disposer d'une méthodologie de classement. C'est un des rôles des cartes d'objectifs de qualité que de permettre la discrimination entre les cours d'eau à vocation touristique et ceux pour lesquels une qualité moindre est acceptable. Primitivement, le législateur avait souhaité que ces objectifs de qualité soient fixés par décret,



de manière à montrer leur importance. En fait, la procédure a pris beaucoup de retard et a été quasi-officiellement abandonnée dans sa forme initiale depuis 1978 ; ne subsiste qu'une procédure de consultation devant aboutir à un document d'orientation. Ces "cartes d'objectifs de qualité" ou mieux de "définition des usages" sont cer-

tes imparfaites puisque, par exemple, elles n'intègrent pas d'évaluation des coûts correspondants, mais nul doute qu'elles puissent former un utile guide pour l'action.

#### Avec quels partenaires ?

D'ici à 1985, une bonne part des crédits d'État auparavant affectés exclusivement à l'épuration et à l'assainissement, feront partie de la Dotation Globale d'Équipement des communes urbaines et des départements, ces collectivités étant désormais libres d'affecter ou non des crédits à l'épuration et à l'assainissement.

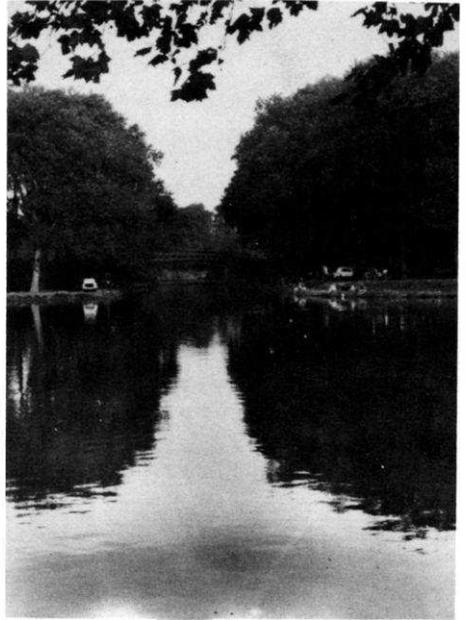
A cet égard, on peut estimer en première analyse que l'assainissement est un élément constitutif direct du bien être et du confort des habitants d'une Commune ; aussi peut-on espérer que subsistera une incitation à effectuer les travaux nécessaires, malgré le fait qu'un réseau d'assainissement "ne s'inaugure pas" ! Par contre, l'épuration est une dépense beaucoup plus altruiste qui concerne autant, sinon plus, les autres Communes situées à l'aval et qui coûte cher en fonctionnement.

D'autre part, quelle sera l'attitude des Départements qui, face à leurs nouvelles compétences et aux charges financières qui en découlent, se montrent très prudents lorsqu'on leur demande s'ils comptent accompagner l'effort des Communes ? Les réponses seront d'ailleurs certainement diverses, entre le désengagement et le volontarisme affirmé.

Face à ces incertitudes, il appartient à l'Agence de réfléchir aux mécanismes nouveaux à mettre en place pour inciter les collectivités à poursuivre leur effort.

C'est ainsi que lors de sa dernière séance de 1983, le Conseil d'Administration de l'Agence a décidé la mise en place à titre expérimental d'un système de contrats pluriannuels passés entre l'Agence et les Collectivités et privilégiant une vision globale de l'épuration en passant par l'assainissement, l'information des populations etc... Ces contrats, pour être séduisants, devront bien entendu proposer des taux d'aide intéressants (les départements et les régions pourront bien entendu y être associés). Ils

permettront la rencontre des besoins et objectifs d'une collectivité dans le cadre d'une réflexion réaliste et de la volonté de l'Agence de reconquête d'un milieu naturel déterminé.



Des plans d'eau pour les loisirs.

Établissements publics tout à fait originaux dans le système administratif français, les Agences de Bassin doivent leur réussite à un certain nombre de particularités :

- association étroite des différents partenaires socio-économiques (collectivités locales, industriels, usagers, administrations...) aux prises de décision dans le cadre d'une politique cohérente,
- qualité de leur personnel,
- compétence géographique adaptée à l'échelle des problèmes,
- moyens financiers permettant une incitation réelle.

Elles la doivent aussi à une souplesse certaine. C'est grâce à cette souplesse qu'elles devraient s'adapter aux nouvelles conditions de leur action technique (effort sur les réseaux d'assainissement, lutte contre les polluants azotés etc...) malgré un environnement difficile et mouvant.

## CIFEC INFO 489

### Conditions spéciales de lancement

## Turbidimètre industriel, mesure continue avec enregistrement APPAREIL DE QUALITÉ

Eaux potables - Eaux usées - Eaux de piscine - Liquides alimentaires - Produits chimiques



Simple - Robuste - Précis

- compensation automatique de la dérive due aux modifications de couleurs et au vieillissement de la lampe
- champ de mesure: 0 à 1000 NTU — 0 à 100 unités françaises de silice
- sensibilité: 0,01 NTU, moins d'1/10° de goutte de mastic
- seuils pour alarme et régulation modifiables à distance
- cellule de mesure sous pression évitant le dégazage
- temps de réponse: lecture immédiate, sans préchauffage
- tarage et maintenance: simple et rapide
- entretien: échange instantané de cuves

Notice gratuite sur demande CIFEC N° 489 - Préciser votre spécialité

**CIFEC** COMPAGNIE INDUSTRIELLE DE FILTRATION ET D'ÉQUIPEMENT CHIMIQUE

10, av. de la Porte Molitor, 75016 Paris - T. 1/651.52.04 - Télex 611627 F

# La maîtrise des nitrates dans les eaux potables

par A. LEPRINCE et F. FIESSINGER  
Laboratoire central de la Lyonnaise des Eaux

## Introduction

Les nitrates, dans le flot des polluants qui assaillent notre environnement, occupent une place particulièrement préoccupante.

La prise de conscience récente de leurs effets sur la santé humaine, même s'ils n'ont pas toujours été clairement démontrés, rend leur présence dans les eaux et dans les aliments pour le moins indésirable. On s'est par ailleurs aperçu qu'ils contaminent surtout les eaux profondes qui par rapport aux autres eaux naturelles constituaient un symbole de pureté et d'invulnérabilité et cela a bien entendu contribué à leur notoriété. Cette pollution nouvelle mettait en plus en cause les agriculteurs, qui étaient jusque-là considérés plutôt comme des défenseurs de l'environnement et qui protestent énergiquement quand on les accuse d'être des pollueurs. Finalement le caractère inéluctable et à retardement de la croissance de la concentration en nitrates (1,2) dans les eaux a contribué à frapper les esprits. L'homme "apprenti sorcier" récolte ce qu'il a semé, le meilleur et le pire et il semble bien qu'il s'agisse là du pire !

La réponse, à cette prise de conscience, des autorités sanitaires de la plupart des pays est venue sans tarder. D'abord en fixant des normes très sévères à leur teneur dans les aliments (concentration maximale admissible dans les eaux potables : 50 mg/l), ensuite en entreprenant des études plus fines sur les effets des nitrates sur la santé (3), enfin et surtout en promouvant toutes les techniques susceptibles d'enrayer la croissance et surtout d'abaisser ces teneurs inquiétantes de nitrates dans nos eaux. La maîtrise des nitrates constitue donc un nouveau défi à la fois aux agriculteurs et aux traiteurs d'eau.

## Contrôle des nitrates à l'origine

L'utilisation dans les pays industrialisés d'engrais azotés de synthèse, en net essor depuis 1950, a placé bien entendu l'agriculture en position d'accusé (4). Cependant, la réduction des apports d'engrais dépend souvent de considérations locales, économiques et politiques, et sa mise en œuvre n'est ni facile, ni rapide. On s'est aussi aperçu que l'agriculture n'était pas seule en cause et que d'autres sources plus localisées (stabulations, rejets d'eaux résiduaires, ...) pouvaient être identifiées et de là maîtrisées.

L'application du traçage isotopique naturel par  $^{15}\text{N}$  à la connaissance des sources de nitrates dans les aquifères parisiens a été effectuée avec succès (5,6) et constitue donc une technique qui permettrait de savoir si oui ou non on peut traiter à la source. Malheureusement, dans la plupart des cas la pollution sera trop diffuse et le traitement de l'eau pompée ne pourra être évité.

## Enlèvement des nitrates au point d'utilisation

A l'instar de l'adoucissement, l'enlèvement des nitrates au point d'utilisation, c'est-à-dire chez le consommateur même est envisageable. De petits osmoseurs individuels ont été testés et placés chez des consommateurs. Les premiers résultats montrent que l'on élimine efficacement les matières organiques, les carbonates, les nitrates et le sulfate. Les proliférations bactériennes et le relargage, à des niveaux traces, de com-

posés organiques, posent cependant encore quelques problèmes. Cette technique mérite donc encore quelques améliorations avant de pouvoir être utilisée à grande échelle. Économiquement si on ne l'utilisait que pour la production d'eau de boisson (le fameux "troisième robinet", elle pourrait concurrencer les installations de traitement collectif, qui elles sont obligées de traiter la totalité de l'eau de distribution.

## Enlèvement des nitrates au point de récupération

Il s'agit ici de traiter les nitrates juste après pompage de l'eau de la rivière ou de la nappe phréatique dans une installation de traitement collective.

## Abaissement par mélange

Le traitement le plus simple et le plus efficace est bien sûr la dilution d'une eau chargée en nitrates par une eau qui en contient moins. Cette solution attrayante dépend bien évidemment des disponibilités locales.

Le mélange d'eau, même si sa mise en œuvre est simple, doit néanmoins faire l'objet d'une étude où l'on se préoccupera des caractéristiques de chacune des eaux, en particulier du point de vue de l'équilibre calcocarbonique et des composés azotés.

## Les traitements de dénitrification

Dans ce cadre, on peut citer les principaux

types de traitement susceptibles d'être utilisés :

- la technique de l'osmose inverse
- l'utilisation des résines échangeuses d'ion
- la dénitrification autotrophe et la dénitrification hétérotrophe.

Citons aussi pour mémoire, l'électrodialyse et la réduction chimique.

## L'osmose inverse

Rappelons que l'osmose inverse (7), est un traitement physico-chimique utilisant les propriétés perméselectives de certaines membranes.

Les conditions de fonctionnement très particulières de ce procédé (non - spécificité des espèces retenues, nécessité absolue d'un prétraitement et présence de rejets concentrés), font qu'il n'est pas encore applicable à l'enlèvement des nitrates, même s'il connaît des développements très importants dans le domaine du dessalement d'eau de mer ou d'eau saumâtre. Il se peut néanmoins que la technologie évoluant, cet état de fait change rapidement.

D'un point de vue économique ce traitement semble uniquement pouvoir s'appliquer aux installations individuelles traitant l'eau au point d'utilisation (voir plus haut).

## Echange d'ions

Les principales questions qui se posent dans la mise en œuvre d'échangeurs d'ions (8,9) concernent :

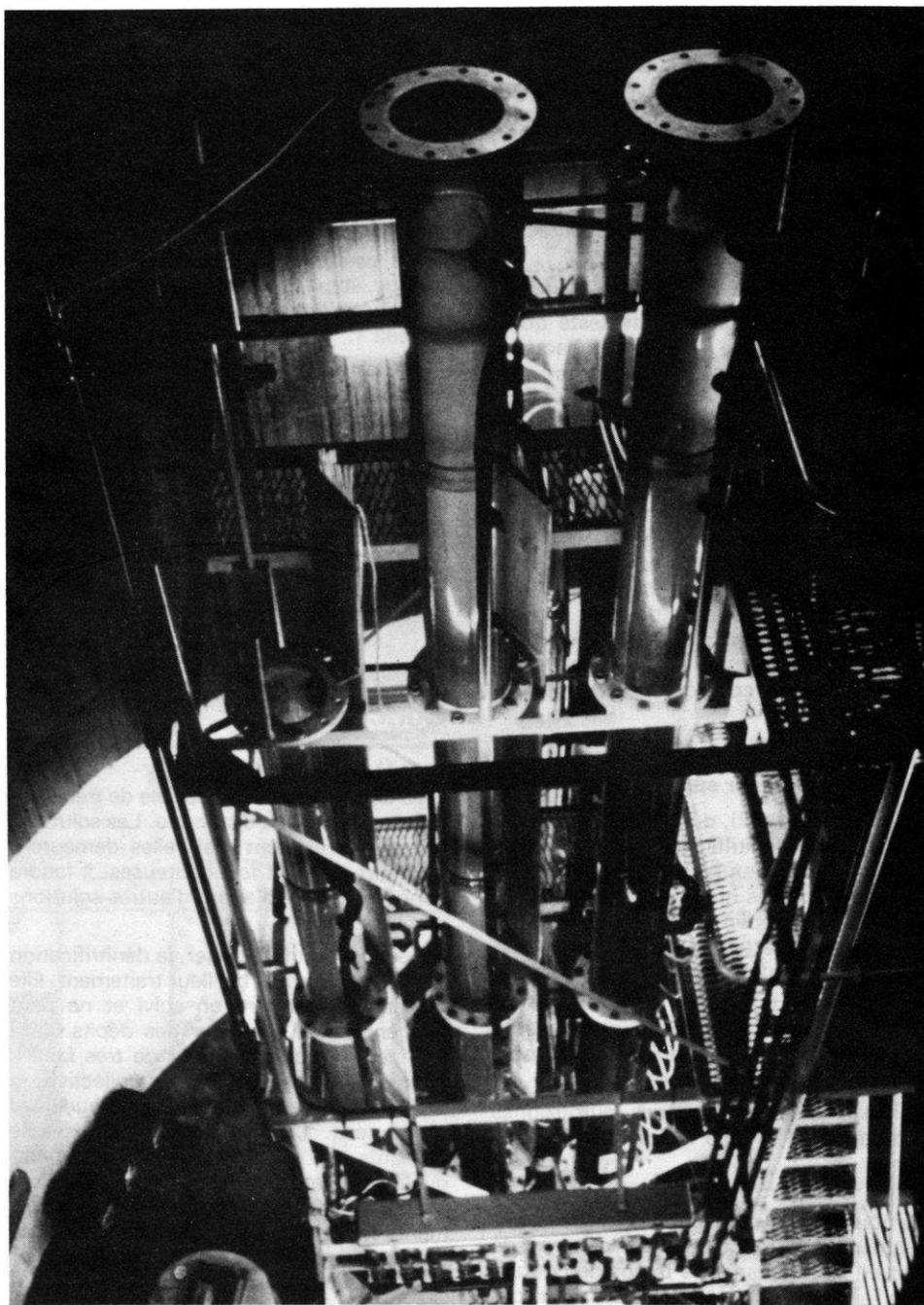
- le choix approprié de la résine selon les risques potentiels de relargage
- les conditions de fonctionnement qui sont à adapter à la composition de l'eau à traiter.

Aujourd'hui, la technique d'élimination des nitrates par échange d'ions est bien maîtrisée. Elle apparaît d'une exploitation simple, et d'une reproductibilité excellente puisqu'elle ne fait appel qu'à des processus physicochimiques.

Cependant, les nitrates sont concentrés dans l'effluent de régénération. Il sera donc nécessaire d'en prévoir le rejet dans une zone autorisée ce qui peut quelquefois poser des problèmes non négligeables.

## Les traitements biologiques de dénitrification

Connus depuis bien longtemps avec les procédés



*Pilote de dénitrification biologique.*

Document Lyonnaise des Eaux

dés de filtration lente et de boue activée, les micro-organismes bactériens susceptibles de réduire les nitrates ne sont utilisés que depuis quelques années dans le domaine des eaux potables.

Une des particularités de la dénitrification

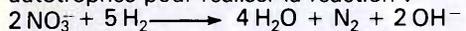
appliquée aux eaux potables consiste à fixer les bactéries sur un support, afin d'augmenter la concentration des micro-organismes actifs tout en les maintenant à l'intérieur du réacteur biologique, ce qui permet d'accroître le rendement de la réaction biologique.

Ces procédés font appel à des bactéries autotrophes ou hétérotrophes qui transforment les nitrates en azote gazeux, pour peu qu'elles disposent d'un substrat à oxyder, qu'il soit solide comme le soufre, liquide comme les composés carbonés, ou gazeux comme l'hydrogène.

Il apparaît intéressant de comparer les trois procédés en présence et d'en chercher les spécificités.

#### Dénitrification à l'hydrogène

Ce procédé (10), qui n'a été testé qu'en laboratoire, consiste à utiliser des bactéries autotrophes pour réaliser la réaction :



La mise en œuvre de ce procédé nécessite d'introduire de l'hydrogène dans le réacteur même ou bien de prédisoudre de l'hydrogène dans l'eau à traiter.

Les possibilités d'utiliser cette technique industriellement ne sont pas connues mais elles se heurteront aux problèmes d'utilisation de l'hydrogène (stockage, danger d'inflammation) et aux performances relativement modestes du procédé (nécessité d'un temps de contact supérieur à une heure).

#### Dénitrification sur support soufré

Ce procédé (11, 12), qui utilise les bactéries "thiobacillus denitrificans" est connu depuis quelques années et il a fait l'objet d'études récentes qui ont permis de préciser sa mise en œuvre et les rendements que l'on pouvait en attendre en utilisant un support soufré ou un support soufre + carbonates (...).

Dans ce type de mise en œuvre, le réactif mis en jeu est solide et doit être incorporé périodiquement à la masse support.

En anaérobiose, les bactéries autotrophes vont utiliser l'énergie libérée par la réaction :

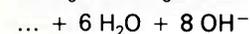
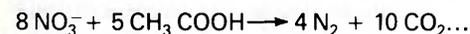


De nouvelles études sont nécessaires pour augmenter le rendement de ce procédé tout en recherchant des temps de contact plus faibles, ce qui permettrait d'envisager le devenir industriel de cette technique.

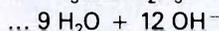
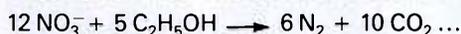
#### La dénitrification hétérotrophe

Ce procédé de traitement (13, 14, 15), déjà bien connu dans ses fondements puisqu'il est appliqué dans le domaine des eaux résiduaires, a été mis en application pour produire une eau potable. Il fait appel à des micro-organismes hétérotrophes qui demandent donc un aliment carboné. On peut schématiser le processus selon les réactions bactériennes suivantes :

Avec l'acide acétique comme substrat carboné :



Avec l'éthanol comme substrat carboné :



Plusieurs années de recherche en laboratoire et sur pilote ont permis de choisir les différents éléments qui doivent composer la chaîne de traitement qui pour l'élimination des nitrates répond à tous les objectifs de qualité nécessaires à la distribution d'une eau potable (Figure 1). Le rôle de chaque étape, sur les principaux paramètres de traitement, est schématisé sur le tableau 1.

Parmi les étapes complémentaires, on note que deux d'entre elles sont spécifiques (l'oxygénation et la désinfection) la filtration apparaissant comme une étape multifonction.

En conclusion, ces procédés biologiques hétérotrophes paraissent attrayants et permettent déjà sur trois installations en France d'abaisser de façon très sensible la teneur en nitrates.

## Conclusion

On a donc vu qu'il est possible de traiter les nitrates dans l'eau distribuée. Les solutions techniques existent mais elles demeurent malheureusement fort coûteuses. Il faudra donc rechercher d'abord d'autres solutions que le traitement.

S'il est impératif de traiter, la dénitrification hétérotrophe est le meilleur traitement. Elle demande cependant un suivi et ne peut être envisagée que pour des débits suffisamment importants. Pour de très faibles débits sur de petites stations collectives la dénitrification au soufre présente quelques avantages... Les traitements par osmose collectifs ou non, apporteront peut-être quelques révolutions technologiques mais il est un peu tôt pour le prévoir. Les traitements par échanges d'ions pourront aussi être employés si l'on améliore la qualité et la spécificité des résines et là aussi des progrès techniques devraient intervenir.

## Bibliographie

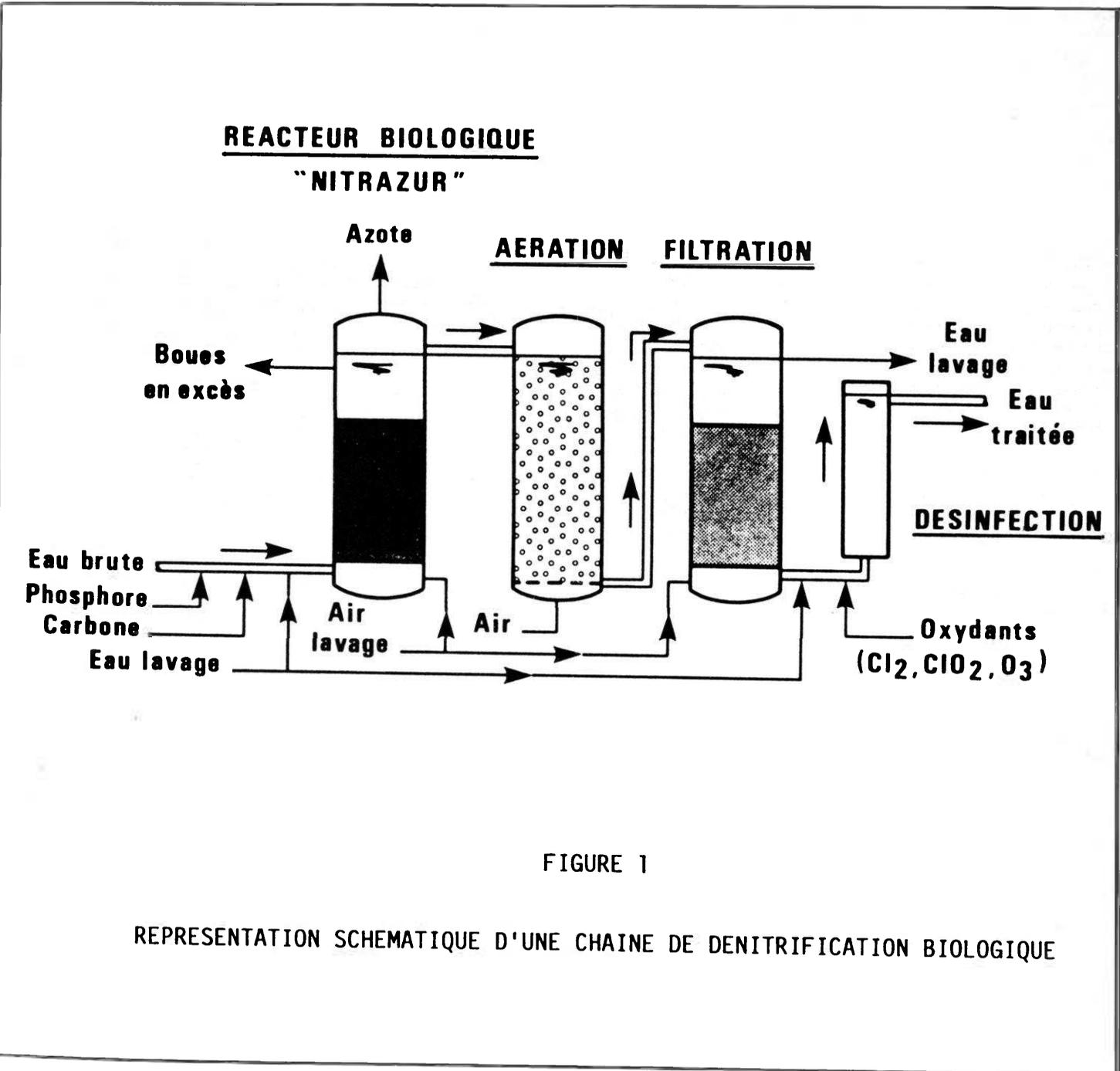
- (1) Denis - Lempereur J. *Nitrates, le seuil d'alarme Science et Vie*, n° 738 pp 62-105 (1979).
- (2) Ministère Français de la Santé *Teneur en nitrates des eaux destinées à la consommation humaine : la situation en France (1978-1981) Aqua* n° 2 pp 74 à 79 (1983).
- (3) *Communication personnelle Etude ou cours INSERM.*
- (4) *Rapport Henin (1980) Activités agricoles et qualité des eaux Ministère de l'Agriculture. Ministère de l'Environnement et du cadre de vie.*
- (5) Mariotti, *Thèse d'état (1982).*
- (6) G. Dassonville, R. Letolle *Etude sur l'origine des nitrates dans les eaux souterraines et de l'évolution de leur concentration dans le temps TSM L'Eau* n° 10 pp 477-480 (1982).
- (7) Goodman A.H. *Progress in Methods of Nitrate Removal Wat. Treat. and Exam.* 24(3) pp 157-171 (1975).
- (8) Sibony J. *Traitement physico-chimique des nitrates et de l'ammoniacal pour la production d'eau potable. TSM L'Eau* 6 pp 355-359 (1979).
- (9) Deguin A. *L'élimination des nitrates par échanges d'ions L'eau et l'Industrie* n° 69 pp 39-45 (1982).
- (10) Ginocchio J.C. *Dénitrification des Trinkwassers Congrès Bienne SVGW.SSIGE.AGHTM (1980).*
- (11) Gaid K., Martin G., Moreaud H. *Dénitrification autotrophique sur un mélange soufre-carbonate. TSM L'Eau* 1 pp 39-42 (1980).
- (12) Philipot J.M., Sibony J., Martin G., Blecon G. *Réduction des teneurs en nitrates dans les eaux de consommation : le point sur les traitements biologiques Aqua (2)* pp 61-67 (1983).
- (13) Leprince A., Richard Y. *La bio-technique au service de l'eau de consommation. Fiabilité et performances du traitement biologique des nitrates.*
- (14) Fressonet - Chambarlhac B., Richard Y., Leprince A. *Le procédé Nitrazur - Fiabilité. Cas concret d'application industrielle L'Eau, L'Industrie, Les Nuisances* n° 69 pp 34-39.
- (15) Leprince A., Richard Y. *Pollution par les nitrates : traitements disponibles Trib. Cedebeau* n° 458,35 pp 21-33 (1982).

Tableau 1

**ROLE DES ETAPES DU TRAITEMENT DE DENITRIFICATION**

	Réacteur dénitrifiant	Aération	Filtration	Désinfection
NO <sub>3</sub>	++	0	+	0
COT	-	0	+	0
O <sub>2</sub> dissous	-	++	0	0
Turbidité	-	0	++	0
Bactéries	-	0	+	++

++ Rôle primordial ; + Rôle important ; 0 Pas d'influence ; - Influence négative.



# La dimension internationale des métiers de l'eau

par Paul-Louis GIRARDOT  
Directeur Général de la Compagnie Générale des Eaux

Si les groupes de distribution d'eau français ont acquis une dimension internationale, c'est en raison du système français, qui pousse les entreprises à être performantes.

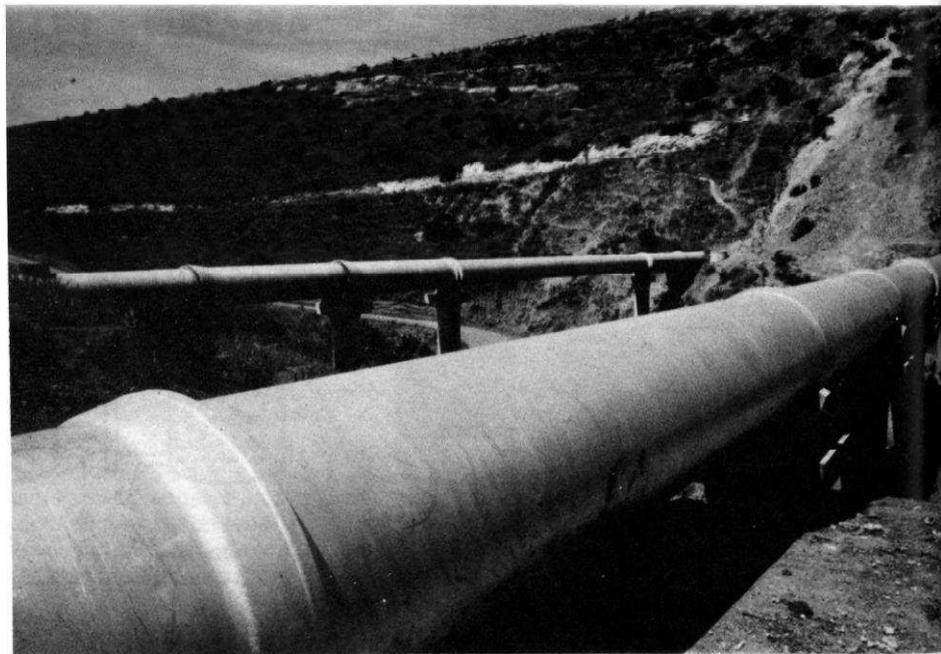
La législation de notre pays confie aux communes la responsabilité du service des eaux. La coexistence entre la gestion directe par les collectivités locales et la gestion déléguée, confiée à l'entreprise, est une source d'émulation qui incite au dynamisme, à l'innovation et à la productivité. La décentralisation et la compétition ont des vertus bénéfiques.

Une autre raison de la dimension internationale des distributeurs d'eau français tient à la nature même de notre pays. Les entreprises ont acquis une compétence très variée, en raison même de la diversité des conditions de production et de distribution d'eau d'une région française à l'autre. La France recèle, du point de vue de l'alimentation en eau, des situations qui donnent une bonne image de ce que l'on peut rencontrer dans différentes contrées du globe. L'éventail des qualités d'eau naturelle y est très large, l'exigence de la qualité de l'eau très ancienne, ainsi qu'en témoignent les traditions attachées à la boisson d'eaux embouteillées, à l'hydrothérapie, etc.

La relative dispersion des services d'eau français (plus de dix mille services), techniquement justifiée dans un pays où l'eau est en moyenne assez abondante, a également contribué à permettre aux entreprises de s'adapter à des situations diverses.

Mais une autre caractéristique des métiers de l'eau a permis un mode de développement assez original : c'est leur ouverture. Ouverture vers des niveaux de performance plus élevés (au plan de la qualité d'eau potable, du niveau de dépollution), des techniques nouvelles, nécessaires pour mieux scruter, maîtriser l'eau (microbiologie, micro-informatique...) et des métiers connexes. Le cycle de l'eau est en fait ramifié ; sa bonne maîtrise passe sans cesse par une meilleure prise en compte des "conditions aux limites" : que faire des

bution d'eau suivant un mode principal qui n'est pour l'essentiel ni horizontal (c'est-à-dire essentiellement répétitif) ni vertical (qui altérerait la variété), mais plutôt un développement par compétences, par prolongements, par approches voisines, de manière pragmatique (même dans les entreprises, la nature n'aime pas les sauts), dans le respect d'une certaine déontologie qui privilégie nettement la conception, la mise en œuvre d'ensembles ou de systèmes de gestion par rapport à la fabrication de composants.



Maroc 83. Adduction d'eau Rabbat - Casablanca.

## Small is beautiful

Small is beautiful : le titre de ce best seller résume bien l'action patiente de groupes qui, dans des métiers où l'expérience est irremplaçable, ont choisi de maintenir le cap à long terme en renforçant un ancrage solide sur les services locaux.

D'où le paradoxe : mieux l'entreprise sait s'adapter à des situations locales variées, plus elle se muscle pour l'exportation. Paradoxe ou évidence ? La réflexion moderne enseigne que dans les domaines peu ou pas répétitifs, c'est la variété qui est la source de la performance...

déchets ? Comment mieux utiliser l'énergie, la matière organique contenues dans la "pollution" ? Cette ouverture technique, caractéristique des groupes français de distribution d'eau, contribue également à leur donner une dimension internationale par rapport à des compétiteurs étrangers qui n'ont pas poussé aussi loin l'attachement à leur métier et la "curiosité technique" qui en découle.

Cette ouverture a entraîné le développement des plus grandes entreprises de distri-

## Services et entreprises

Le groupe Générale des Eaux est la première entreprise mondiale de distribution d'eau. Le chiffre d'affaires réalisé dans le domaine de l'eau dépasse dix milliards de francs. A l'étranger et pour l'ensemble du Groupe, le chiffre d'affaires s'élève globalement à quatre milliards de francs. Il représente au total plus du quart de l'activité des entreprises concernées.

Le groupe de la Générale des Eaux a eu le

souci d'organiser un développement équilibré entre les activités de service et les activités d'entreprise, en couvrant notamment, dans le domaine des entreprises, les deux principaux volets caractéristiques des services d'eau (ou de leur prolongements) : les réseaux (fabrication et pose de canalisations, instrumentation et logiciels de gestion) et la valorisation (et notamment le domaine du traitement des eaux). En effet, la conquête de nouveaux marchés à l'étranger et la sécrétion de chiffres d'affaires significatifs passent généralement par les activités d'entreprise, qui contiennent la matière grise la plus dynamique et la plus concurrentielle. Par ailleurs, la symbiose entre les métiers de gestionnaire de services et les métiers d'ingénierie et d'entrepreneur est un facteur d'adaptation et de rentabilisation des investissements, donc d'efficacité.

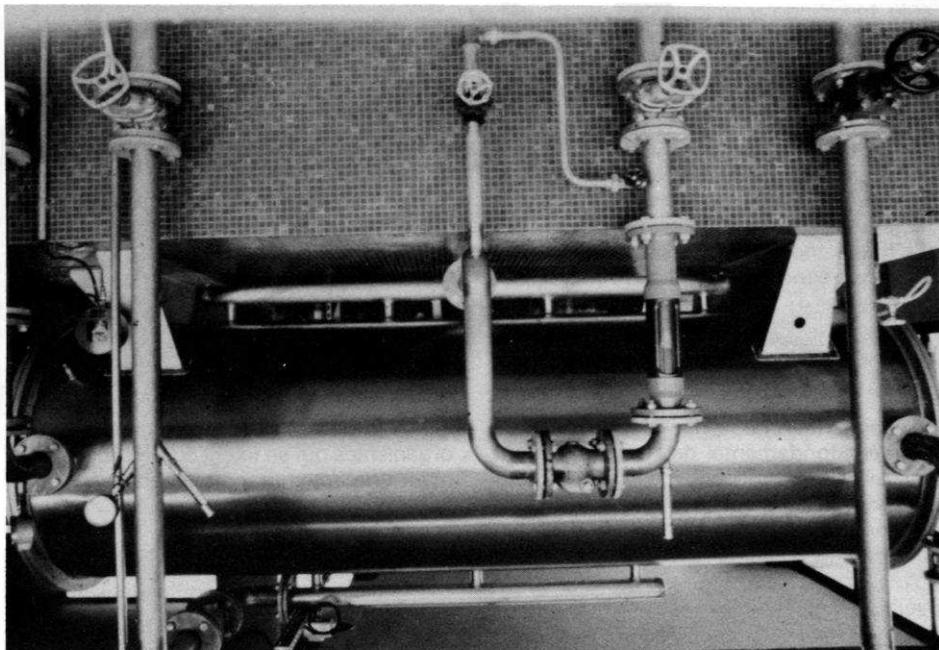
Dans le domaine des services, le Groupe a suivi depuis plus de dix ans une démarche originale, consistant à créer à l'échelle mondiale un réseau de conseil et d'assistance technique avec des praticiens de haut niveau, qui entretiennent avec plusieurs dizaines de pays des relations suivies.

Les modalités d'action sont diverses. Dans certains pays développés (Espagne, Italie, par exemple), nous jugeons préférable d'intervenir comme conseils et associés des entreprises privées implantées localement. Dans les pays en développement, nous pratiquons un conseil permanent aux services exploitants locaux, un service d'aide pour les décideurs, et des actions de formation, notamment en Afrique (Cameroun, Zaïre, Madagascar). Ailleurs (comme aux USA), nous avons préféré accompagner notre présence de participations minoritaires dans deux des principaux distributeurs d'eau américains.

C'est en somme une politique de présence qui est pratiquée, avec des méthodes diverses et adaptées à chaque cas particulier : la faculté d'adaptation est la condition de l'efficacité.

## Des "aides techniques"

Nous nous sommes également efforcés de rechercher si certains modes de gestion couramment appliqués en France (tel que l'affermage) ne pouvaient être mis en œuvre à l'étranger. Ainsi, nous avons récemment conclu, au travers d'une filiale américaine, un contrat proche de l'affermage selon le modèle français pour la gestion d'une station d'épuration des eaux usées à Sioux City (Iowa). Mais malgré la faveur manifestée par certains décideurs américains pour le développement de modes de gestion privée, il convient sans doute de rester relativement prudent sur les



chances effectives d'intervention française en profondeur dans la "rénovation" de certains services d'eau étrangers. Dans le domaine de l'eau, chaque pays, chaque contrée, chaque service reste très attaché à ses usages. Ainsi aux USA, où l'amélioration de la qualité de l'eau du robinet se heurte à diverses contraintes, nous nous intéressons notamment au développement d'entreprises extérieures au service public, spécialisées dans la "fabrication" d'eau affinée. On mesure l'importance de "niches techniques" tendant à privilégier des procédés porteurs et des modes d'intervention spécifiques.

Cette notion de niches techniques s'applique bien sûr aussi à l'action des entreprises de travaux. La valeur ajoutée rapatriable dépend évidemment en grande partie du degré de sophistication des équipements et là aussi, il faut savoir trouver la "bonne mesure", en restant adapté aux besoins des pays récepteurs.

Ainsi, nous venons d'achever, grâce à notre filiale américaine, Polymetrics, la construction dans l'île de Malte de la plus grande usine de dessalement d'eau de mer par le procédé de l'osmose inverse. Des entreprises françaises extérieures au Groupe ont pu bénéficier aussi de cet important marché et créer en France des emplois correspondants.

Dans le domaine des investissements de haut de gamme, nous avons construit les installations d'affinage d'eau potable par ozonation les plus importantes du monde, en matérialisant l'avance détenue en France dans le domaine des traitements de finition et de la qualité de l'eau du robinet.

## Investir mieux

Quelles sont les perspectives d'avenir pour l'exportation dans le domaine de l'eau ?

La démographie, l'urbanisation, l'industrialisation, l'élévation des normes sanitaires et du niveau de vie sont créateurs automatiques de "tension" en ce qui concerne le cycle de l'eau, donc de besoins. Mais les difficultés financières générales (notamment dans les pays en développement) obligent à une approche nouvelle, à une recherche d'efficacité, qui induisent progressivement une demande accrue de matière grise ; cette demande devient une demande d'hommes d'expérience, qui ont vécu les services d'eau. Dans beaucoup de cas, il vaut mieux commencer par bien gérer ou par réhabiliter ce dont on dispose, avant de se lancer dans des projets coûteux.

Dans l'avenir, il s'agira d'investir encore mieux, et sans doute différemment au travers d'une perspective plus globale, en prenant en compte à la fois les problèmes de gestion, de maintenance, de réhabilitation et d'investissement ; il s'agira de mieux marier le neuf et l'ancien, de combiner encore mieux les diverses disciplines que comprennent les métiers de l'eau. C'est ce "mieux" que les entreprises de distribution d'eau peuvent proposer, car au travers de leur approche ensemblière et de l'éventail des compétences et des entreprises qu'elles rassemblent, elles sont à même de mettre en œuvre concrètement ce qu'elles préconisent.

# Traitement de l'eau et biotechnologies

par Jacques BERNARD, IG  
Directeur Technique de Degrémont

Dès l'apparition de la vie, l'eau a constitué l'élément fondamental de l'environnement des micro-organismes. L'eau entre pour une grande part dans la constitution des êtres vivants. Elle est le véhicule de substances minérales et organiques nourricières ou nuisibles. Elle constitue une matière première pour les cellules autotrophes dans la synthèse des métabolites nécessaires au maintien de leur activité comme par exemple dans la photosynthèse. Elle intervient dans les réactions de dégradation, de déshydrogénation des substances nutritives pour la fourniture de l'énergie nécessaire à la formation des cellules hétérotrophes.

Réciproquement, tout au long de son cycle d'utilisation, la qualité de l'eau, son mode d'utilisation sont dépendants pour une grande part de phénomènes biologiques : oxygénation et pigmentation par le phytoplancton, fermentations aérobies ou anaérobies liées à la présence des matières organiques véhiculées ou dissoutes, action des bactéries sulfato-réductrices et des ferrobactéries, pathogénicité de certains germes, etc.

Il est donc bien normal que pour le traitement de l'eau, le chercheur et l'ingénieur aient, à partir d'une observation attentive de la nature, fait souvent appel pour résoudre certains problèmes à des procédés mettant en œuvre des micro-organismes. Le traitement de l'eau, dont les finalités sont très variées, inclut depuis longtemps certaines Biotechnologies.

enzymes secrétées par des algues et micro-organismes qui se fixent sur le sable en formant une "membrane biologique".

Cette technique, peu adaptée aux eaux chargées de matières en suspension, très sensible au développement de plancton, nécessitant des immobilisations de terrains importantes et d'exploitation très contraignante, a été pratiquement abandonnée en tant qu'étape principal de clarification. Elle pourrait redevenir d'actualité en tant que traitement de finition pour l'élimination partielle par action biologique de certains micro-polluants.

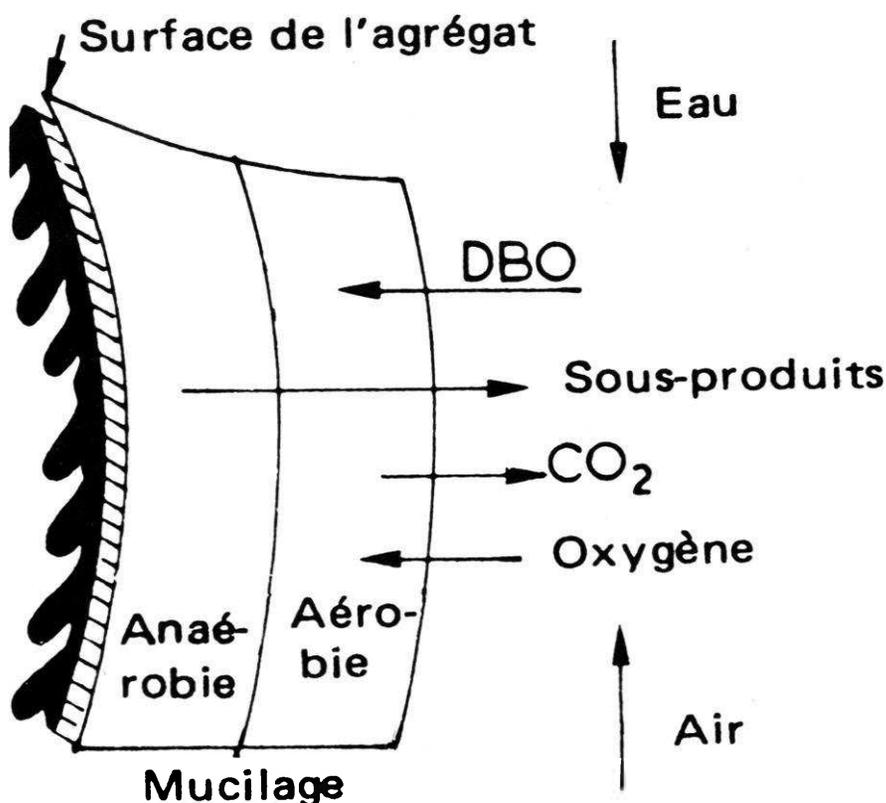
— Les Lits Bactériens utilisés dans l'épuration des eaux résiduaires. Les Lits Bactériens conventionnels sont chargés de maté-

riau naturel — pouzzolane, coke, etc. — à large granulométrie — 40 à 80 mm — qui est traversé à la fois par un courant d'air d'oxygénation et par l'eau à épurer qui ruisselle.

Sur le matériau se développe un film biologique ou mucilage à travers lequel diffuse la pollution contenue dans l'eau jusqu'aux micro-organismes épurateurs.

— Les Réacteurs à Cultures Libres Aérobies dans lesquels sont mis en œuvre les procédés dits à Boues Activées et qui consistent essentiellement en un bassin, compartimenté ou pas, rempli de liquide à épurer (appelé bassin d'aération) dans lequel est assuré un apport d'oxygène par dissolution et suivi d'un clarificateur permettant de séparer l'eau épurée de la suspension de cultures libres développée. La recirculation

Fig. 1 : le film biologique sur son support.



## 1 — Les premières biotechnologies

Aussi bien pour la préparation d'eau potable que pour l'épuration des eaux usées, nombre de procédés mis en œuvre depuis des décennies sont de nature essentiellement biologique. On peut citer par exemple :

— la Filtration Lente pour la potabilisation des eaux de surface, sans coagulation ni décantation préalables. La coagulation des matières colloïdales est réalisée par les



Fig. 2 : épuration biologique des effluents résiduaires de la Brasserie San Miguel à San Fernando (Manille - Philippines).

Capacité de la station : 20 tonnes de  $DBO_5$ /jour.

de celles-ci permet de maintenir dans le bassin d'aération une concentration de micro-organismes suffisante pour assurer la dégradation dans le réacteur proprement dit de la matière organique contenue dans l'eau à épurer.

Assez vite, cette technique des boues activées a été mise en œuvre également pour l'oxydation de l'azote ammoniacal contenu dans l'eau usée. Cette nitrification est assurée par le développement de bactéries autotrophes *Nitrobacter* et *Nitrosomonas*.

— La Digestion Anaérobie des boues organiques, résidus de l'épuration de l'eau, consiste en la fermentation en cuve fermée provoquant le développement de bactéries méthanogènes assurant la gazéification de la matière organique et la stabilisation de celle-ci.

## 2 — Les biotechnologies de la 2<sup>e</sup> génération

Dans les années 50, l'expansion urbaine et le retard pris avec la guerre dans l'équipement des collectivités locales laissaient présager de vastes besoins en matière d'assainissement et de défense du milieu naturel.

Un effort important de recherche et de modélisation conduisait à l'abandon de règles jusqu'alors essentiellement empiriques dans le dimensionnement des procédés biologiques épurateurs. Les progrès très marqués enregistrés en microbiologie cellulaire permettaient une compréhension beaucoup plus exacte de l'adsorption et de la métabolisation de la matière organique ainsi que de la synthèse cellulaire. Cette avancée sur le plan de la biocinétique, sur celui des équilibres nutritionnels, ainsi que sur l'écologie des micro-organismes permettait, principalement dans le domaine de l'épuration par voie aérobie, la mise en œuvre de procédés de traitement à plus

forte charge et un dimensionnement plus économique des réacteurs biologiques.

Des améliorations dans la conception mécanique et hydraulique des clarificateurs (type "à succion"), dans les rendements de transfert des dispositifs d'oxygénation concouraient également à ce gain de place qui était particulièrement sensible lorsque l'objectif principal du traitement était l'élimination de la pollution carbonée contenue dans l'eau.

De 1960 à 1980, différentes innovations permettaient des mises en œuvre de plus en plus originales des procédés d'épuration :

### — Boues Activées

- Bassins d'aération à alimentation échelonnée.

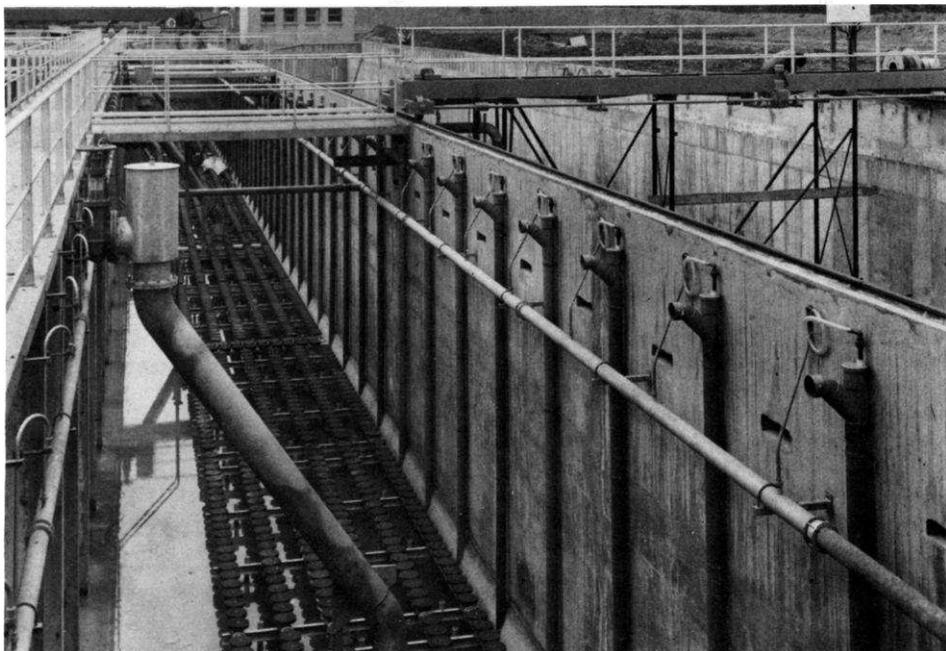


Fig. 3 : épuration biologique des eaux usées de la Communauté Urbaine de Lille. Station de Marquette.

Bassin Oxypapad avec réacteur biologique et clarificateurs incorporés.

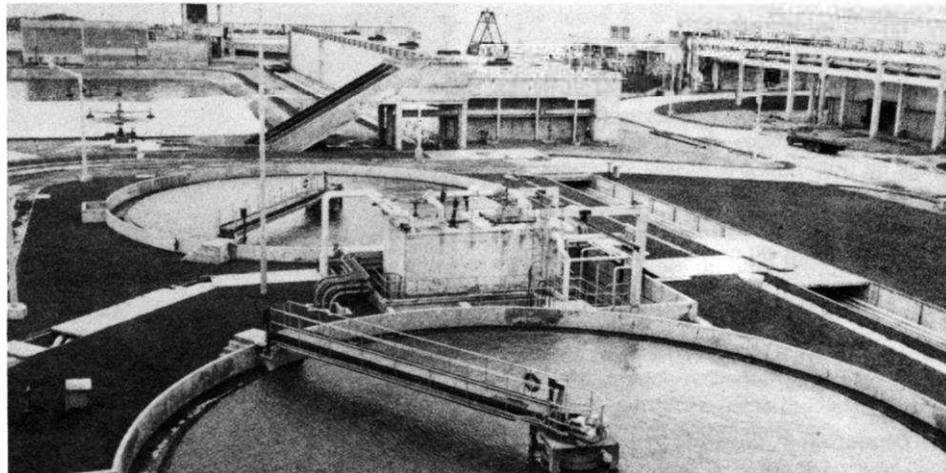


Fig. 4 : épuration des eaux résiduaires de la fabrique de pâte à papier de Riocell (Porto Alegre, Etat de Rio Grande do Sul, Brésil).

Débit journalier : 38 000 m<sup>3</sup>.



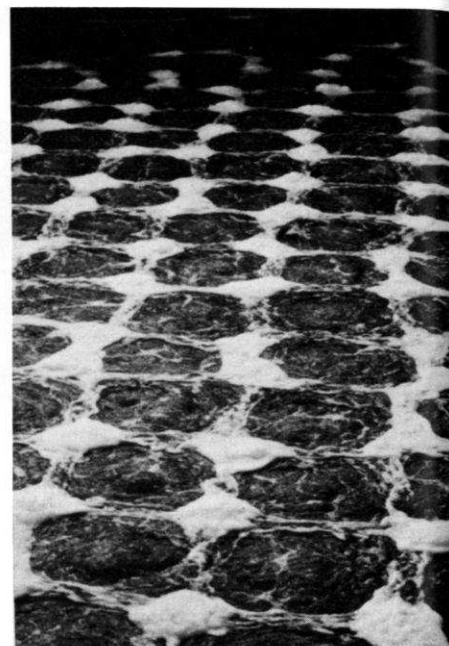
Fig. 5 : élimination de la pollution carbonée et de la pollution azotée avec dénitrification-nitrification des effluents de la Société Eurolysine (Amiens - France).

Débit : 7 000 m<sup>3</sup>/jour.

Charge organique : 16,7 tonnes/jour de DCO.

Charge azotée : 4 500 kg/j de NTK.

Traitement biologique à deux étages avec réacteur à cultures libres.



En médaillon Fig. 5 bis : vue de la surface liquide du réacteur biologique 1<sup>er</sup> stade en bassin profond (hauteur : 10 m).

- Bassins combinés type OXYRAPID regroupant dans une même enceinte hydraulique la phase d'oxydation et celle de clarification, et fonctionnant en mélange intégral.

- Réacteurs sous enceinte fermée alimentée en oxygène pur, associés à des clarificateurs par décantation ou flottation.

- Bassins groupant les phases de nitrification et de dénitrification pour associer à l'oxydation de l'azote Kjeldhal une élimination plus ou moins totale des nitrates avec réduction de la consommation totale d'énergie.

#### — Lits Bactériens

- Remplacement des matériaux de remplissage d'origine minérale par des corps de contact plastiques à très large maille permettant d'atteindre des charges volumiques de pollution 2 à 10 fois supérieures à celles permises par les anciennes techniques (2 à 12 kg DCO/m<sup>3</sup>/j).

- Mise au point de corps de contact biologique tournants (RBC = Rotating Biological Contactor), tels que les disques biologiques. Technique suivant laquelle le corps de contact est déplacé dans l'eau à épurer et non l'inverse.

#### — Digestion Anaérobie

- Amélioration du contact entre le substrat à dégrader et les boues actives par utilisation de techniques de brassage au gaz fiables et performantes.



Fig. 6 : vue d'ensemble des fermenteurs de digestion anaérobie pour la stabilisation et la gazéification des boues résiduares de la station d'épuration de l'Agglomération Parisienne à Achères.

Volume total des réacteurs : 190 000 m<sup>3</sup>.

Production journalière de gaz : 150 000 m<sup>3</sup>.

C'est la plus grande installation de méthanisation du monde.

- Optimisation des temps de séjour des deux réacteurs dans les systèmes de digestion en deux stades (1<sup>er</sup> réacteur en mélange intégral, 2<sup>e</sup> réacteur en flux piston).

- Régulation des réacteurs (température, alimentation...).

- Contrôle de process par mesure de la production de gaz, de sa teneur en CO<sub>2</sub> et de la production d'AGV (acides gras volatils).

Ces techniques modernes de digestion anaérobie des boues ont conduit à une excellente maîtrise technologique de ces réacteurs et à la construction des plus grandes installations existantes actuellement au monde en matière de méthanisation.

### 3 — Les biotechnologies contestées

Il est à noter que durant cette période de grande activité dans le domaine de l'équipement anti-pollution (1965-1975), un courant, originaire des États-Unis, se fit jour, de défiance envers les biotechnologies. A une époque où les délais de réalisation devaient être raccourcis, les procédures d'exploitation des stations simplifiées pour les rendre accessibles à un personnel peu qualifié, les processus de traitement biologiques étaient considérés par certains comme un peu mystérieux, capricieux et peu fiables. La compréhension de la biocinétique, l'analyse des conditions écologiques leur paraissaient trop complexes par rapport à la mise en œuvre de procédés purement physico-chimiques de coagulation et séparation (par décantation, flottation et filtration) ou d'adsorption (sur charbon actif par exemple).

De telles techniques peuvent présenter un avantage spécifique après une épuration biologique (élimination poussée par exemple de phosphore ou de micro-polluants non biodégradables) ou sur des stations d'épuration à fonctionnement essentiellement saisonnier et à mise en charge brutale (comme les stations touristiques par exemple) ; elles présentent cependant le plus souvent l'inconvénient d'une consommation significative de réactifs et la production d'une quantité de résidus (boues) supplémentaire importante. Elles ne permettent pas d'autre part d'éliminer ni la pollution azotée ni la pollution organique dissoute qui est souvent la plus rapidement biodégradable et la plus consommatrice d'oxygène.

Après une série de tâtonnements, il semble que des deux côtés de l'Atlantique on soit aujourd'hui arrivé à une mise en œuvre plus rationnelle de ces procédés physico-chimiques en les adoptant pour les cas appropriés et en les associant éventuellement à des procédés biologiques modernes très performants (voir ci-après).



Fig. 7 : méthanisation des effluents résiduaux de la Sucrerie Südzucker à Offstein (RFA).  
Débit : 160 m<sup>3</sup>/h.

Charge appliquée : 23 500 kg de DCO/jour.

Rendement d'épuration : 90 %.

Réacteur par contact de 2 000 m<sup>3</sup> avec recyclage des boues.

L'attrait général vers les biotechnologies dans différents domaines industriels (et agricoles) a facilité ce "recentrage".

### 4 — Les nouvelles biotechnologies

L'évolution des biotechnologies développées pour le traitement de l'eau répond aux objectifs suivants :

- réduction des coûts énergétiques.
- amélioration des performances des réacteurs.
- objectifs de qualité de traitement plus contraignants.

Les progrès réalisés sont dus à des avancées significatives dans la compréhension de certains processus biologiques ainsi qu'à des modes de réalisation pratique des réacteurs biologiques réellement novateurs.

C'est dans le domaine de la méthanisation que les connaissances de base ont récemment le plus progressé. L'identification des différentes familles bactériennes fermentatives, acétogènes et méthanogènes, l'importance de l'accumulation de l'hydrogène dans l'équilibre des populations, l'étude de la formation des agglomérats bactériens ont conduit à une amélioration très sensible des performances de cette technique.

Celle-ci, mise en œuvre jusqu'alors uniquement pour dégrader des pollutions de type particulière (boues résiduaux), peut s'adapter à des cinétiques beaucoup plus rapides pour dégrader la pollution essentiellement dissoute contenue par exemple dans les effluents résiduels des grands procédés de fabrication de l'industrie agro-alimentaire.

Des réacteurs récents du type à contact ou à lit de boues, ainsi que des réacteurs comme le Biofar à bactéries fixées sur corps de contact alvéolaire bénéficient de cet acquis scientifique, et des charges de 10 à 15 kg DCO/m<sup>3</sup>/j sont atteintes.

Parallèlement, la mise en œuvre dans les réacteurs biologiques de matériaux de contact granulaires (dimension de quelques mm) permet d'accroître considérablement les surfaces actives spécifiques (m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>), et par là-même, la masse de micro-organismes "fixables" par unité de volume.

Le lit de contact peut être :

- fixe : il joue alors un effet filtrant permettant de supprimer le séparateur normalement disposé à l'aval du réacteur ;
- mobile (fluidisé, turbulent) : il présente alors par le renouvellement fréquent des surfaces en contact avec le fluide les possibilités maximales de développement bactérien.

Les biotechnologies par cultures fixées sur lits granulaires permettent d'appliquer, à performances comparables, des charges de



Fig. 8 : station pilote de réacteur à cultures fixées sur lit mobile.

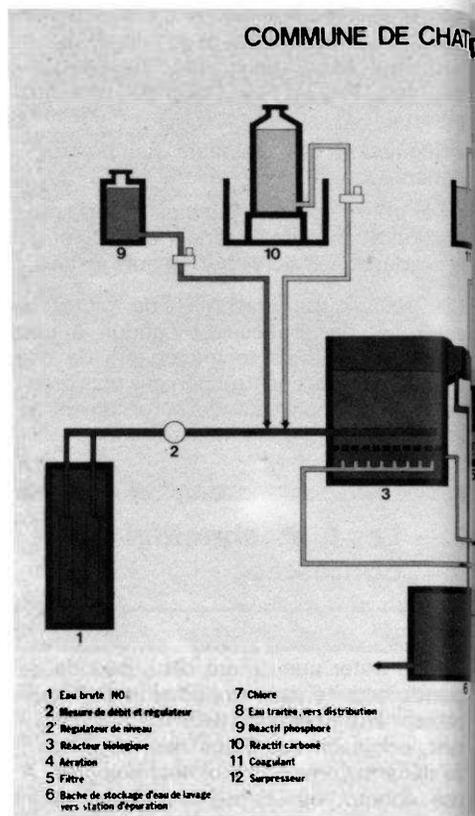


Fig. 9 : ville de Château-Landon (Seine-et-Marne)  
Débit : 50 m<sup>3</sup>/h.

Dénitrification d'eau souterraine à des fins de potabilisation

pollution 2 à 3 fois supérieures à celles adoptées sur les corps de contact alvéolaires et 4 à 5 fois supérieures à celles adoptées dans les systèmes à cultures libres. Elles ne sont certes pas généralisables sans discernement et ne doivent être mises en œuvre que sur des effluents présentant des caractéristiques déterminées ou prétraitées pour les atteindre, mais leurs possibilités sont sans conteste intéressantes, principalement dans tous les traitements d'affinage.

L'élimination du fer par voie biologique à des fins de potabilisation d'eau souterraine, celle comparable de l'élimination des nitrates.

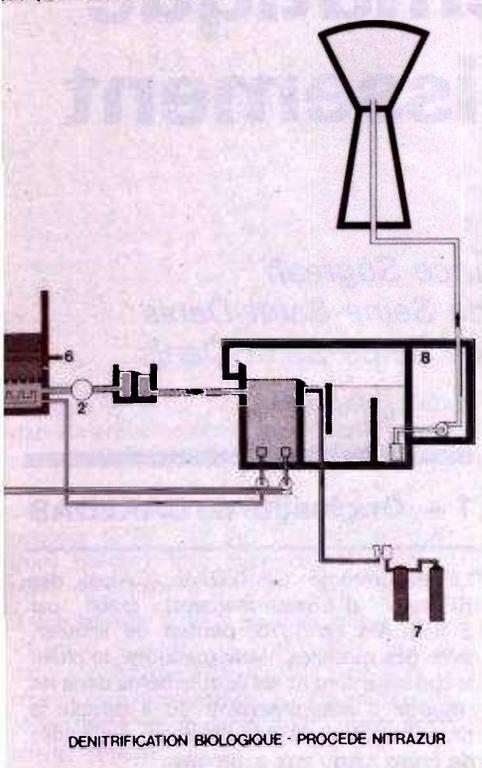


**Degremont**

TRAITEMENT DES EAUX

183, avenue du 18 juin 1940  
92508 RUEIL MALMAISON CEDEX - France  
Tél. (1) 772 25-05  
Télex AQUAZUR 203380 F  
AQUATEC 203210 F

SIRET 56980087300014 RCS NANTERRE B - APE 2408



tes ou de l'oxydation de l'ammoniaque par le procédé Nitrazur, l'oxydation de la pollution carbonée ou de l'ammoniaque dans les eaux usées par le procédé Biofor font partie de ces biotechnologies nouvelles.

Dans les progrès récents, on peut citer aussi les nombreuses études qui retiennent les chercheurs sur la fixation par voie biologique du phosphore contenu dans les eaux. L'étude précise du métabolisme, du déséquilibre enzymatique et de l'utilisation du phosphore par des bactéries placées dans des conditions alternées d'anaérobiose et d'aérobiose a pour but de pouvoir maîtriser l'élimination du phosphore sans apport extérieur de réactifs de précipitation.

## 5 — Les biotechnologies de demain

Le développement et l'amélioration de la fiabilité des biotechnologies existantes constituent une tâche encore importante et pleine d'avenir, mais il ne fait pas de doute que la biologie, science en pleine expansion, restera une discipline fondamentale

du traitement des eaux qui consistera demain en la production d'une eau de qualité accrue à partir d'une eau brute de composition de plus en plus complexe.

D'autre part, les progrès enregistrés ou à prévoir dans les techniques séparatives, comme les techniques membranaires, augmentent les potentialités de mise au point de systèmes hautement performants.

Le génie enzymatique ou le génie génétique ouvriront peut-être de nouvelles voies dans l'élimination des micro-polluants organiques. L'utilisation d'anticorps monoclonaux pourrait permettre de réduire considérablement les délais de détection de contamination bactériologique, etc., etc.

Les possibilités paraissent grandes. La Biotechnologie restera un bon serviteur de l'Eau. Rien de plus normal.

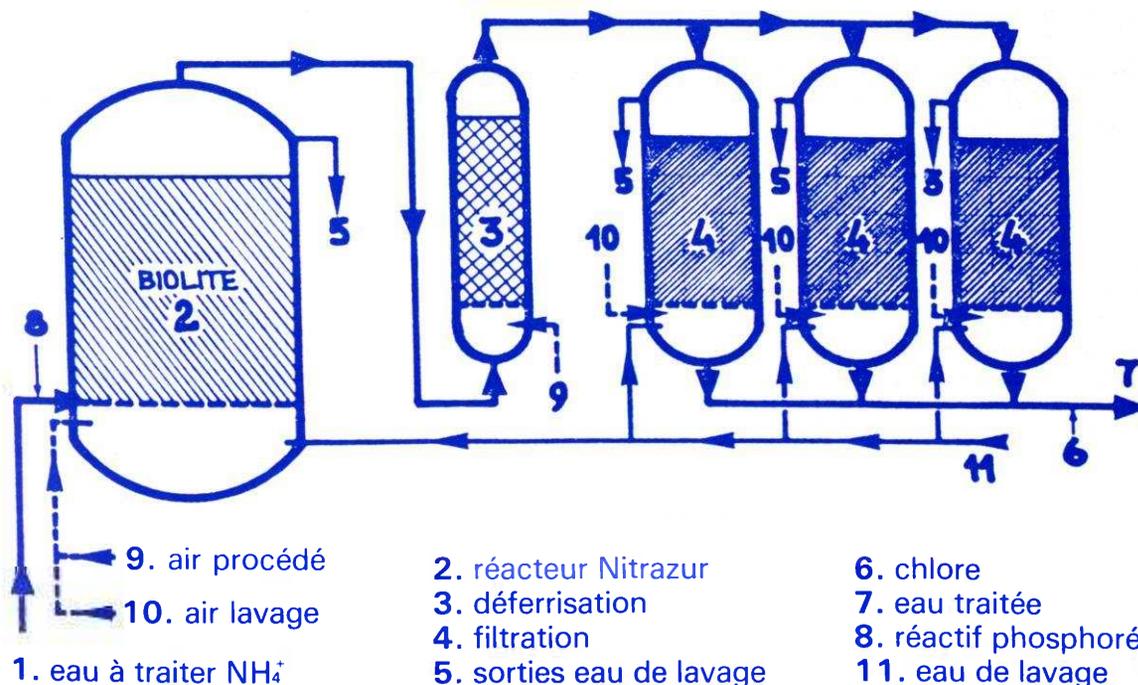
réacteur à cultures fixées Nitrazur (3).

Fig. 10 : schéma de traitement de la station de potabilisation de la Vallée de la Vesle (Aisne - France).

Débit : 50 m<sup>3</sup>/h

avec oxydation de l'ammoniaque par réacteur à cultures fixées Nitrazur (2) et déferrisation (3).

Document Degremont.



- 1. eau à traiter NH<sub>4</sub><sup>+</sup>
- 2. réacteur Nitrazur
- 3. déferrisation
- 4. filtration
- 5. sorties eau de lavage
- 6. chlore
- 7. eau traitée
- 8. réactif phosphoré
- 11. eau de lavage

# Modélisation mathématique d'un réseau d'assainissement

Exemple de la Seine-Saint-Denis

par Jean-Marc PATURLE - IPC Directeur France Sogreah  
Roger BERREBI - Chef d'Arrondissement à la DDE de Seine-Saint-Denis  
André BACHOC - ITPE - Subdivisionnaire à la DDE de Seine-Saint-Denis

Au début des années 1970, le réseau à caractère intercommunal dont héritait le nouveau département de la Seine-Saint-Denis s'avérait très insuffisant. L'augmentation sensible des débits ruisselés, consécutive à l'urbanisation de l'amont de très grands bassins versants provoquait, le manque de pente aidant, des débordements très fréquents inondant de nombreux habitants.

Les élus du Conseil Général, pour y remédier, ont décidé non seulement d'investir lourdement pour renforcer le réseau, mais aussi d'appuyer la consolidation technique de la Direction Départementale de l'Équipement qui gère le Service Départemental d'Assainissement.

MM. Rousset et Marchand ont proposé puis mis en œuvre, pour améliorer sensiblement l'analyse du fonctionnement des ouvrages, des moyens très novateurs à l'époque, parmi lesquels le programme CAREDas et les premiers dispositifs de gestion automatisée.

Ces démarches ont pris de l'ampleur. Par exemple, des programmes de simulation, RERAM dans certains cas et CAREDas régulièrement, sont utilisés pour mieux définir les ouvrages à construire et les règles de gestion du réseau. Par ailleurs, un système assez complet de gestion automatisée, avec simulation et optimisation en temps réel, est mis en place progressivement.

Pour mener à bien ses études (hydraulique, pollution, avant-projets), ses expérimentations et le développement d'appareillages adaptés, l'unité dirigée par M. Berrebi s'est dotée d'un noyau solide d'ingénieurs et de techniciens. Mais elle s'appuie aussi beaucoup sur l'extérieur, collaborant avec plusieurs équipes de recherche, dont SOGREAH et le CERGRENE, Centre d'Enseignement et de Recherche de l'ENPC, des laboratoires ou des bureaux d'études à caractère public ou privé, des entreprises de tailles et de technicités très diverses.

Ce mouvement et cette expérience présentent de nombreux aspects intéressants et révélateurs de ce que pourrait être l'évolution technique dans ce domaine.

M. Pierre Hervio, Ingénieur Général des Ponts et Chaussées, Directeur Général des Services Départementaux de la Seine-Saint-Denis a beaucoup contribué hier et aujourd'hui à l'essor technique évoqué et l'application du programme CAREDas. J'espère que cette expérience lui sera encore profitable demain au titre du Plan Urbain.

Jean-Marie BUTIKOFER

Dr. Départemental  
de Seine-Saint-Denis

## 1 — Originalité de CAREDas

Le programme CAREDas (CALcul des REseaux d'ASsainissement) établi par SOGREAH en 1970, permet de simuler, avec des modèles mathématiques, la pluie, le ruissellement et les écoulements dans les réseaux d'assainissement où il calcule la propagation et la combinaison des ondes de crues jusqu'aux exutoires.

D'autres méthodes sont basées sur les équations simplifiées de l'écoulement, notamment le modèle classique MUSKINGUM et sa version modifiée MUSKINGUM-CUNGE. Mais celles-ci ne peuvent s'appliquer que sous certaines conditions restrictives : pentes assez fortes, peu d'influences aval, de maillages ou de mises en charge.

Dans les cas un peu complexes ou particuliers, il est nécessaire de recourir à un modèle comme CAREDas, qui apporte un progrès sensible. En effet, il est basé sur la résolution des équations complètes de Barre de Saint-Venant, qui traitent le cas général d'écoulements transitoires.

Le modèle CAREDas a été adopté en 1973 par la DDE de la Seine-Saint-Denis, pour toute une gamme d'utilisations que nous nous proposons de situer rapidement ici.

Le programme était bien adapté pour ce grand réseau de 1 900 km de collecteurs et canalisations primaires desservant 1 400 000 habitants (cf. figure ci-jointe).

Sa faible pente moyenne (de l'ordre de 1/1000) a favorisé le maillage des ouvrages et leur superposition, parfois sur 3 niveaux fonctionnant de manière interdépendante.

## 2 — Établissement d'un schéma directeur d'assainissement (1975)

A la suite des graves inondations de 1971-1972, le service est chargé d'établir un

Schéma Directeur, pour remédier aux inondations déjà fréquentes et permettre la desserte de l'urbanisation future.

Le réseau est décrit et le modèle calé, en hauteur d'eau, sur des mesures enregistrées pendant des événements pluvieux réels, en collaboration avec SOGREAH.

Il est ensuite utilisé en simulation de la situation à venir — urbanisation prévue dans les Plans d'Occupation des Sols et réseau supposé renforcé — sur la base de pluies de projet de durées et de périodes de retour variées.

L'investissement ainsi prévu est de 800 millions de francs (valeur 1976).

### 3 — Approfondissement de la connaissance du réseau (à partir de 1976)

Cette vision d'ensemble doit être complétée par la reproduction des phénomènes à une échelle plus fine pour ajuster les projets, leurs diverses phases provisoires, et identifier les causes véritables des dysfonctionnements.

On a pu ainsi mettre en évidence :

— la répercussion vers l'amont, parfois sur plusieurs kilomètres, de mises en charge du réseau ou d'influences aval ;

— le rôle négatif de certaines mailles, dont le rôle de stockage n'équilibre pas les perturbations par inversion de sens d'écoulement, ou blocage des écoulements dans une autre branche plus plate ;

— et surtout de nombreuses anomalies du réseau restées inconnues jusque-là et qu'il faut rechercher en priorité lorsqu'il y a divergence entre mesures et résultats du modèle, plutôt que de mettre en cause les unes ou les autres.

Depuis 8 ans, le modèle CAREDAS est ainsi utilisé par les techniciens de la Seine-Saint-Denis de manière continue et très proche du terrain. Les résultats débou-

chent sur une amélioration d'efficacité et des économies (de plusieurs dizaines de millions de francs) qui justifient les efforts de mise en œuvre du modèle (plus dus à la complexité du réseau qu'aux instabilités de calcul).

### 4 — Simulation d'une gestion dynamique (à partir de 1982)

Lorsqu'un bassin versant dépasse quelques dizaines de kilomètres carrés en surface, les pluies fortes sont très souvent inégalement réparties dans l'espace et le temps. Il devient séduisant alors, de songer, par une habile répartition des eaux, à tirer un meilleur parti du réseau existant et de ses ouvrages de renforcement, conçus comme des alternatives.

Cette vision tranche avec la conception traditionnelle, privilégiant les écoulements gravitaires et passifs. Il faut projeter les ouvrages différemment et les équiper d'organes mobiles : vannes d'isolement et de partition, siphons régulateurs, barrages gonflables, pompes, etc...

C'est l'option qui a été prise en Seine-Saint-Denis. Pour définir les caractéristiques et les règles de gestion des ouvrages un module complémentaire, CAREDAS-REGULATION, a été spécifié par la DDE et développé par la SOGREAH. Il simule chaque phase d'une régulation locale et téléparamétrée (mesure, réception de consigne, algorithme PID de régulation, mouvement de la vanne, modification des écoulements). Entre autres, cet outil a permis d'évaluer les gains d'efficacité apportés, sur un secteur, par des schémas plus ou moins fins de prévision de la pluie grâce à des images radar-météorologiques.

*Nota : Une liste bibliographique et des renseignements complémentaires peuvent être obtenus auprès de la SOGREAH et de la DDE de Seine-Saint-Denis.*

### 5 — Simulation d'écoulements en temps réel (à partir de 1984)

Dans un cas comme celui de la Seine-Saint-Denis, la gestion automatisée n'est particulièrement efficace que si elle met en œuvre une stratégie globale portant sur une chaîne d'ouvrages. Pour cela, il n'est guère envisageable de recourir à un catalogue de stratégies types, les cas envisageables devenant vite trop nombreux même pour quelques stations. Il faut donc prévoir et optimiser en temps réel, grâce à un système d'aide à la conduite, le pilotage automatique étant écarté. L'opérateur utilisera un logiciel conçu et développé par la DDE, le CERGRENE et SOGREAH. Celui-ci inclura un module de simulation des écoulements directement dérivé de CAREDAS dans une première phase, puis composé, tronçon par tronçon de modèles plus rapides étalonnés avec CAREDAS.

### 6 — Conclusion

Ces exemples montrent que l'utilisation des modèles mathématiques n'est plus une utopie depuis plus de 10 ans. Elle est de nature à améliorer considérablement la qualité de la réflexion et des décisions sur les renforcements ou extensions et sur la gestion des réseaux. Elle peut aussi, avec CAREDAS, donner satisfaction dans les cas les plus difficiles.

Se priver aujourd'hui de la modélisation des réseaux urbains d'assainissement, c'est induire par ignorance des gaspillages parfois énormes. Les obstacles à sa généralisation sont bien sûr multiples, mais ils sont d'abord d'ordre culturel. Et on peut voir dans d'autres domaines qu'il n'y a rien à gagner à retarder les mutations techniques.

# Valorisation des boues des stations d'épuration

par F. RELOTIUS IPC  
Président Directeur Général d'OTV

L'évolution des techniques et les problèmes posés par la crise actuelle, ont incité les constructeurs à mettre au point de nouvelles filières de traitement des eaux pour optimiser les coûts d'investissement et d'exploitation.

Ainsi les résidus de l'épuration ne sont-ils plus considérés comme de simples rejets, stabilisés pour ne pas perturber le milieu récepteur, mais comme des sous-produits potentiellement valorisables.

Dans ce domaine, ce sont surtout les boues, résidus à fort pourcentage de matières organiques qui constituent le plus grand débouché. Cette propriété permet en effet d'envisager deux voies possibles de valorisation :

- la valorisation énergétique
- la valorisation agricole.

Les principaux développements ont porté essentiellement sur le brassage interne des digesteurs, leur chauffage et calorifugeage et leur fonctionnement en ouvrage séparé pour favoriser leur fonctionnement.

La digestion permet de réduire de 50 % en moyenne la teneur en matières organiques

des boues et elle produit de l'ordre de 1,5 Nm<sup>3</sup> de gaz composé à 65 % de méthane par kg de matière organique détruite.

Son pouvoir calorifique est de 5 500 Kcal/Nm<sup>3</sup>, la production moyenne de 350 Nm<sup>3</sup> par tonne de matières sèches correspond donc à 1 925 thermies.

## 1 — Valorisation énergétique

La valorisation énergétique des boues peut être obtenue suivant deux techniques :

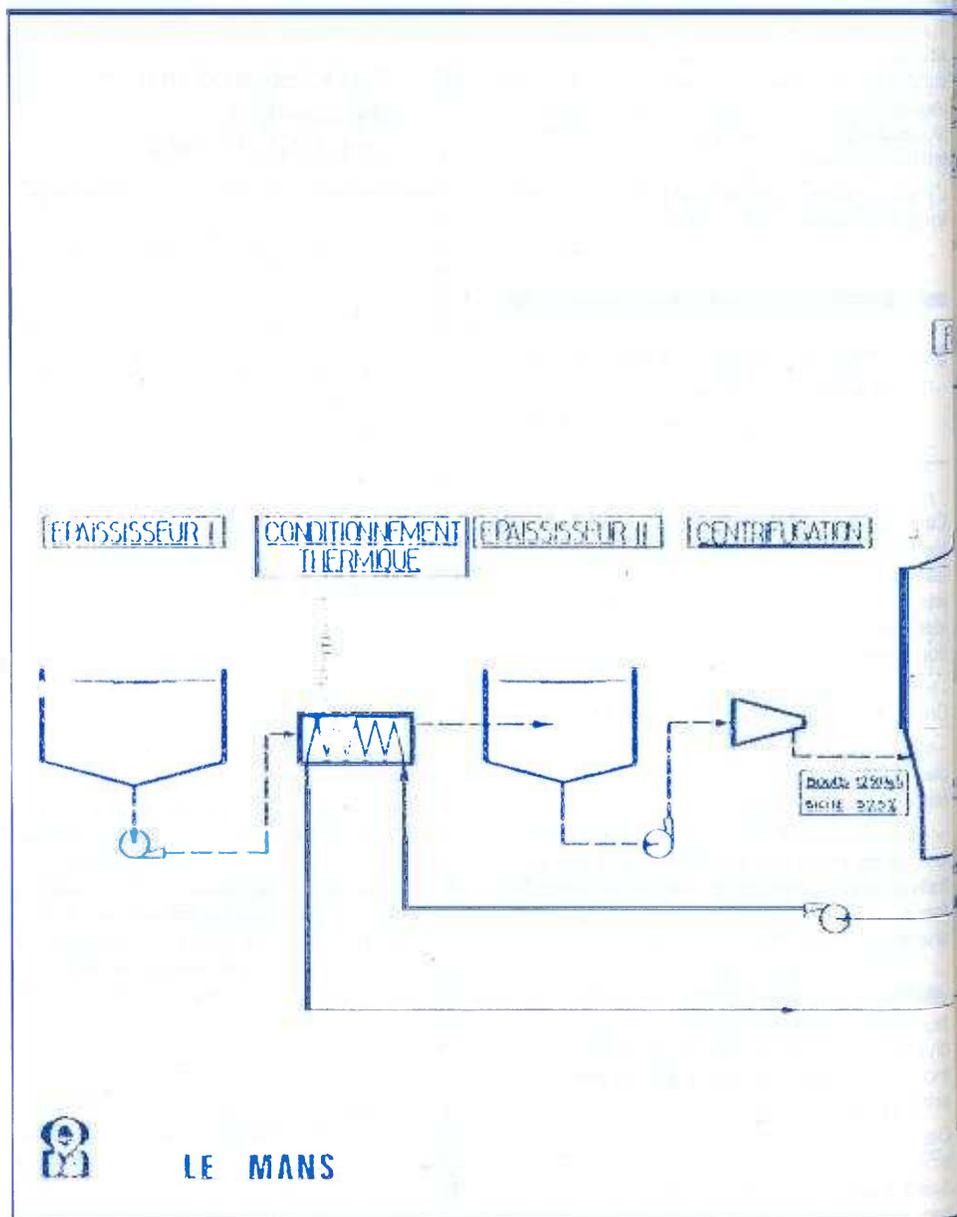
- transformation d'une partie des matières organiques en gaz combustible par digestion ;
- incinération des boues et récupération thermique sur les fumées.

### 1.1 Digestion anaérobie

Cette technique ancienne, un peu tombée dans l'oubli a retrouvé de l'intérêt car elle permet :

- d'une part de stabiliser les boues en éliminant la fraction organique facilement fermentescible et une grande partie des germes pathogènes, ce qui rend d'ailleurs possible leur utilisation en agriculture,
- d'autre part de transformer cette fraction organique éliminée en gaz combustible essentiellement composé de méthane.

Cette digestion anaérobie s'effectue dans des ouvrages en béton fermés, chauffés où les boues séjournent une trentaine de jours à 37° et sont dégradées sous l'action des bactéries pour être transformées en méthane.

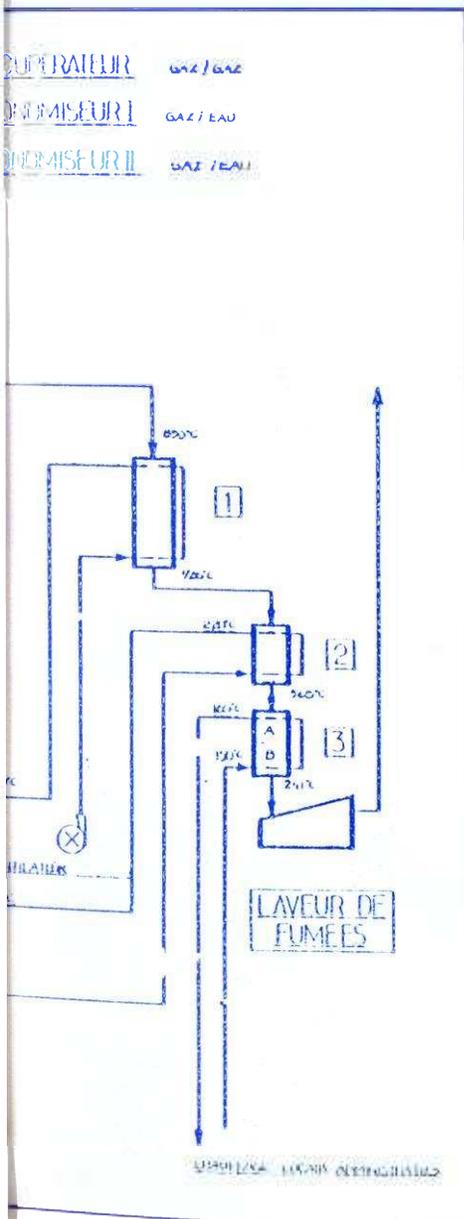


LE MANS

Environ 35 % seront utilisés pour le chauffage des boues dans le digesteur et le complément :

- dans un diesel couplé à un alternateur pour produire de l'électricité ou à un surpresseur pour compresser de l'air qui servira au traitement de l'eau usée dans les bassins de boues activées. Il est à noter qu'une récupération complémentaire sur les fumées, l'eau de refroidissement et l'huile du diesel permettra d'économiser une partie du gaz nécessaire au chauffage du digesteur ;

- pour réaliser le conditionnement thermique des boues, procédé qui permet d'annuler l'emploi de réactifs minéraux ou organiques afin de déshydrater mécaniquement les boues. Le traitement thermique présente l'avantage de conduire aux meilleures siccités ce qui réduit leur poids et leur volume et favorise, leur utilisation éventuelle en agriculture ou leur incinération car les boues sont alors autocombustibles ;



pour le séchage thermique des boues. Leur siccité atteint alors 90 %, ce qui facilite leur transport et leur utilisation en agriculture ou dans un four à granulés comme combustible ;

- comme combustible d'appoint dans un four.

## 1.2 Incinération des boues

L'incinération est le procédé qui permet non seulement de valoriser le potentiel thermique des boues, mais également de détruire la totalité des matières organiques donc de ne laisser subsister qu'un résidu minéral de faible volume, stérile et stable chimiquement.

L'incinération sur le lieu même de la production apparaît donc comme un procédé attrayant surtout au niveau des grandes agglomérations où les productions journalières de boues sont importantes. Son intérêt avait toutefois chuté au début de la crise de l'énergie en raison des dépenses corrélatives de combustible.

Pour lui redonner sa place antérieure, des efforts ont donc été réalisés pour d'une part améliorer la déshydratation des boues de façon à les rendre le plus combustible possible et d'autre part pour pousser la récupération calorifique sur les fumées à son maximum.

Cette récupération peut présenter plusieurs étapes et le rôle du concepteur sera de faire un choix entre les différentes possibilités de façon à optimiser la filière de traitement.

La première étape concerne généralement le préchauffage de l'air de combustion de façon à compenser le déficit thermique éventuel de la combustion des boues et éviter ainsi en régime établi toute dépense de fuel ou autre combustible.

Cette récupération peut aller de 0 pour les boues autocombustibles à 635° pour les boues fortement minérales.

Quel que soit le niveau il reste encore suffisamment de calories disponibles pour une valorisation complémentaire.

La deuxième étape permet suivant les besoins de récupérer :

- de la vapeur pour les besoins de l'usine ou pour alimenter un sécheur,
- de l'eau chaude pour le conditionnement thermique des boues avant déshydratation mécanique,
- de l'eau chaude pour le chauffage des locaux.

A titre d'exemple on peut citer :

- Station du Mans

Conditionnement thermique des boues. Boues séchées à 50 % sans réactifs à l'aide de centrifugeuses.

Four à lit fluidisé (1 250 thermies/heure). Préchauffage de l'air à 450° thermies/heure.

Alimentation du conditionnement thermique 600 th/h.

Chauffage des locaux administratifs 1 100 th/h.

- Station de Paris/Valenton

Boues séchées à 38 % par filtre-pressé.

Four à lit fluidisé.

Préchauffage de l'air à 685°.

Récupération complémentaire 1 300 thermies/heure.

## 2 — Valorisation agricole

Les boues possèdent un certain nombre de propriétés intéressantes sur le plan agronomique qui sont leur teneur en matières organiques et en éléments nutritifs azote, phosphore et oligoéléments. Cet intérêt peut être réduit quelquefois par leur teneur en métaux lourds qui en limite l'emploi.

Néanmoins dans la plupart des cas leur valorisation agricole peut constituer un excellent débouché.

Au préalable elles devront toutefois subir un traitement destiné à augmenter leur stabilité car elles sont facilement fermentescibles et à détruire les germes pathogènes et parasites qu'elles contiennent.

Les premières techniques utilisées que ce soit la digestion aérobie ou anaérobie avaient essentiellement pour but de répondre à ces derniers critères. Une autre possibilité consiste également à traiter les boues avec de la chaux vive. L'élévation du pH détruit les bactéries et la chaux bloque les fermentations.

Si ces techniques permettent de répondre à des critères sanitaires elles n'influent pas toutefois sur le critère purement agricole.

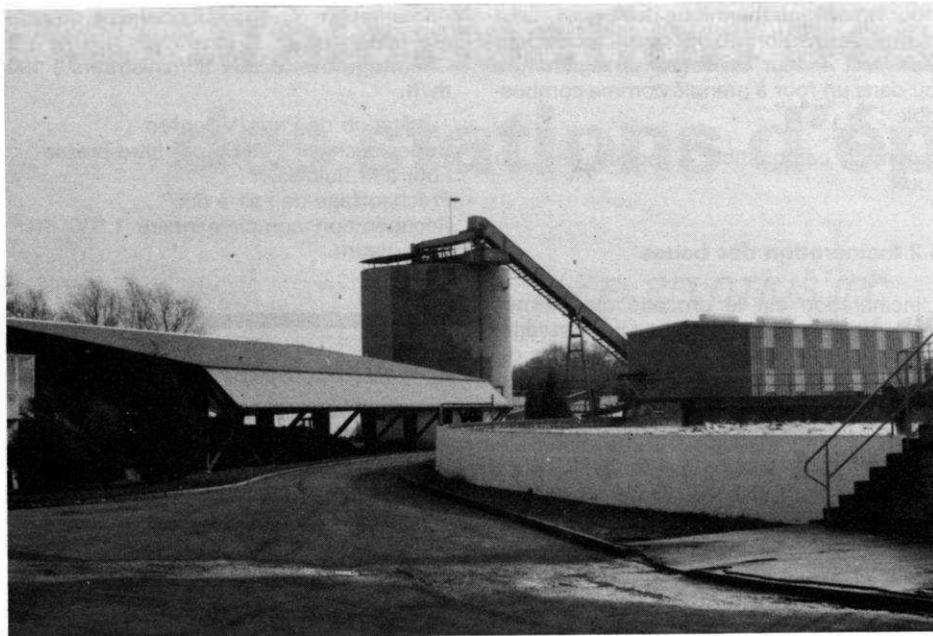
Une nouvelle technique dérivée de celle utilisée pour le traitement des ordures ménagères a donc été développée : le compostage des boues.

Elle consiste à mélanger les boues moyennement déshydratées avec un support organique carboné, tel sciure, écorce, marc de raisin, ordures broyées, etc... de façon à augmenter la porosité du mélange et faciliter le passage de l'air. Il accroît également le rapport carbone sur azote jusqu'à une valeur de 30 favorable au développement du compostage et à l'obtention d'un produit final de qualité.

Le mélange est ensuite aéré en andains ou dans un silo durant deux semaines. Des fermentations exothermiques se développent et élèvent la température jusqu'à 65° environ.

Dans cette opération les matières organiques fermentescibles et les parasites sont détruits.

On recycle une partie du produit de façon à minimiser l'apport d'agent gonflant exté-



Station de Nantes-Sud.

(Photo EPAP)

rieur et contrôler l'humidité initiale du mélange.

A l'issue de ce séjour aérobie le compost est stocké en andains durant deux mois minimum avant utilisation de façon à parfaire la déshydratation de produits faiblement assimilables tel la cellulose. On constate d'ailleurs une faible élévation de température.

Le produit fini a l'aspect d'un terreau riche et friable qui a conservé tous les éléments nutritifs et fertilisants des boues et les a mis sous une forme facilement assimilable.

Ses propriétés physiques sont par ailleurs fort intéressantes, notamment en regard de son pouvoir de rétention d'eau et de ses caractéristiques de porosité.

Exemples :

— **Station de Nantes-Nord**

11,5 tonnes/jour de M.S.  
33 m<sup>3</sup>/jour de compost.

— **Station de Nantes-Sud**

20 tonnes/jour de M.S.  
30 m<sup>3</sup>/jour de compost.

— **Station de Soissons**

2,8 tonnes/jour de M.S.  
8 m<sup>3</sup>/jour de compost.

### 3 — Valorisation mixte

Le séchage des boues jusqu'à des siccités comprises entre 75 et 90 % constitue un bon moyen de valorisation agricole ou thermique des boues. Il s'obtient grâce à des sècheurs du type direct lorsque l'on fait cir-

culer les gaz chauds provenant de l'incinération d'ordures ménagères ou des boues. En général les disponibilités en gaz de digestion sont suffisantes pour assurer le séchage si les boues sont fortement déshydratées et il est nécessaire d'incinérer entre 40 et 50 % des boues sèches pour fournir les calories au séchage.

Les boues séchées peuvent être stockées en vrac ou ensachées et elles seront utilisées suivant les besoins en agriculture ou comme combustible de qualité moyenne (PCI 3 000 à 3 500 Kcal/kg).

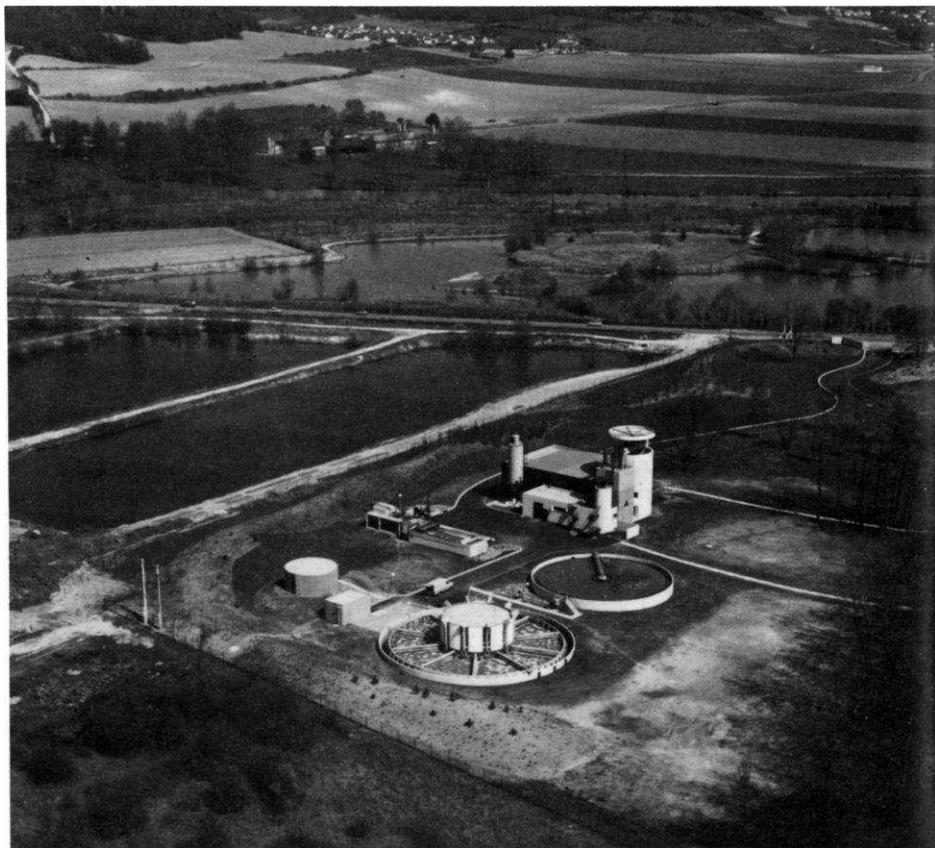
### Conclusions

Les boues de station d'épuration présentent sous un angle économique un certain nombre de propriétés intéressantes qui les rendent utilisables en fonction de besoins qui devront être analysés avec beaucoup de soin afin de déterminer la filière optimale de traitement. Il faudra tenir compte notamment des besoins temporaires ou permanents et de leur situation interne ou externe à la station.

Deux grands axes de la valorisation ont été examinés, ils répondent à une demande actuelle dont l'importance va grandissant mais le choix définitif ne pourra se faire qu'en fonction d'une étude portant sur une plus longue période.

(Photo Baranger)

Station de Soissons.



# De l'observation à la décision dans la gestion des eaux le pari de la recherche au CERGRENE

par A. FREROT, J. GAILLARD, P.-A. ROCHE  
*Ingénieurs des Ponts et Chaussées*

Le CERGRENE est un des jeunes centres d'enseignement et de recherche de l'École Nationale des Ponts et Chaussées : jeune par la date de sa création qui remonte à trois ans, jeune par l'âge de ses chercheurs, qui forment une petite équipe sympathique et pleine d'allant. C'est François Valiron, dont la curiosité intellectuelle et l'enthousiasme sont bien connus, qui est à l'origine de la création du CERGRENE. C'est lui qui dirige ce centre parallèlement à son activité de professeur à l'École.

Il y a quelques années, l'École des Ponts n'avait aucune activité de recherche, ce qui l'aurait condamnée à terme à sortir du peloton de tête des établissements d'enseignements supérieurs.

La création des centres d'enseignement et de recherche, voulue par mes prédécesseurs, répond à un double objectif : il s'agit d'initier les élèves à l'expérimentation et à la recherche. Il s'agit également de donner à certains d'entre eux, fortement motivés, la possibilité d'entreprendre une thèse dans un cadre et un environnement favorables.

L'équipe du CERGRENE est légère et doit le rester. Elle ne cherche pas à concurrencer les laboratoires existants mais à faciliter, par la souplesse de ses structures et par la rapidité de ses réactions, les échanges interdisciplinaires et les liaisons avec l'amont et l'aval : pour la conquête des sommets du Népal, à côté des expéditions lourdes, des petits groupes d'alpinistes ouvrent des voies nouvelles.

Le CERGRENE attire de jeunes ingénieurs des Ponts et Chaussées qui se découvrent un tempérament de chercheur. L'article ci-dessous qui décrit les résultats intéressants déjà obtenus est signé par trois d'entre eux dont le plus ancien est sorti il y a cinq ans de l'École.

*Bernard HIRSCH*

*Directeur de l'École Nationale des Ponts et Chaussées*

Le CERGRENE \*, Centre d'Enseignement et de Recherche pour la Gestion des Ressources Naturelles et de l'Environnement, créé il y a 3 ans par l'École Nationale des Ponts et Chaussées, oriente principalement ses travaux dans le domaine de la gestion de l'eau.

Les recherches qui y sont menées se situent au long de la chaîne qui conduit de l'observation à l'explication, puis à la prédiction des phénomènes, et enfin à la prise de décisions (planification et réalisation d'ouvrages adaptés, ou gestion en temps réel).

Ces recherches sont donc essentiellement appliquées et constamment nourries par la demande des utilisateurs que sont les services gestionnaires. Ce sont ces "clients de la recherche" qui apportent leur connaissance de terrain et qui contrôlent l'adéquation entre leurs propres objectifs et les outils développés. Le Centre vit, d'ailleurs, pour une large part, sur les contrats que lui confient les utilisateurs de ses recherches.

Les actions du CERGRENE, jusqu'à présent, se sont orientées vers la création d'outils dans chacun des domaines suivants :

— évaluation et prévision de la qualité des eaux superficielles (rivières, lacs, réservoirs) afin de définir les moyens d'action nécessaires au maintien de la qualité souhaitée (Impact des eaux pluviales et des déversements d'orage sur la Seine dans sa traversée de l'agglomération parisienne ; étude du comportement hydrodynamique et hydrobiologique du lac Léman...)

— métrologie en réseaux d'assainissement et collecte automatique des données (développement de matériels de mesure en continu des débits d'eau usée par ultrasons ; sonde thermométrique d'auscultation des réseaux, pour la détection d'eaux parasites...)

— exploitation et gestion des réseaux d'assainissement, que ce soit par temps sec, pour la régulation des flux parvenant aux stations d'épuration, ou par temps de pluie, pour la lutte contre les inondations et la pollution des milieux récepteurs (mise en place du projet de gestion automatisée du réseau d'assainissement du département de Seine-Saint-Denis ; utilisation du radar météorologique pour une meilleure estimation et une éventuelle prévision de la pluie en zone urbaine...)

— prévision et annonce de crues (procédures de prévision automatique, avec une analyse des écarts des prévisions antérieures pour effectuer une correction optimale, ou détecter des défaillances de certains capteurs : données erronées ou suspectes)

— évaluation économique et sociale, et techniques de participation des différents groupes d'intérêt à la planification des grands projets d'aménagement hydrauliques (barrages-réservoirs, ouvrages de protection contre les crues...)

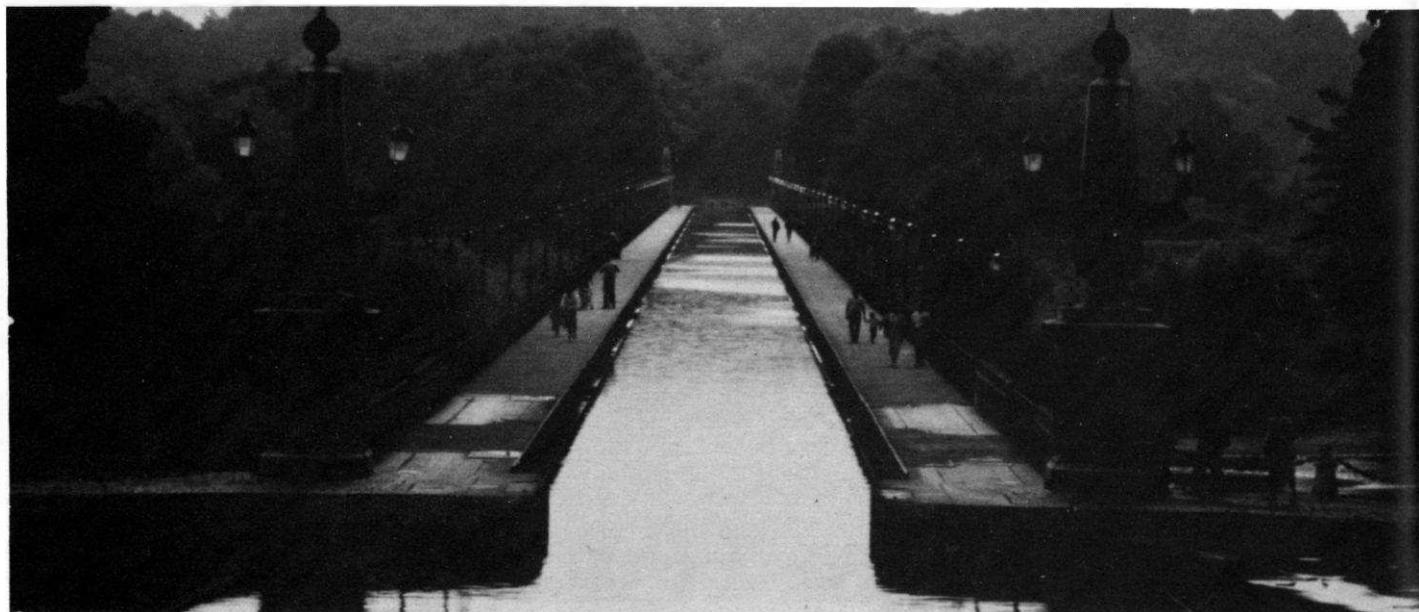
\* CERGRENE, Immeuble Le Palatino, 17, avenue de Choisy, 75013, Paris. Tél. : (1) 594.12.55.



Le CERGRENE n'a bien entendu pas l'intention de couvrir l'ensemble des problèmes que pose la gestion de la ressource en eau. Il s'agit, davantage, pour lui, d'élaborer, sur des cas précis, des modèles mathématiques décrivant l'évolution des phénomènes, de façon aussi adéquates que possible, compte tenu des données disponibles et des objectifs poursuivis. Cette phase explicative est essentielle dans tout outil de gestion afin de pouvoir évaluer les conséquences des différents choix d'aménagement sur l'environnement. Cependant, il convient d'en cerner précisément les limites, de façon que les conclusions pratiques que l'on souhaite en tirer prennent en compte les incertitudes de connaissance, de toute nature.

De plus l'amélioration de la connaissance que ces modèles permettent d'acquérir représente, en retour, une aide importante à la programmation et à l'optimisation des campagnes de mesures qui, dans le domaine de la gestion de l'eau, restent la source fondamentale d'information. C'est sur cet aller-retour permanent entre connaissance du terrain et modélisation des phénomènes que porte l'essentiel de l'effort du CERGRENE.

Cette alimentation constante des recherches du Centre par la demande des utilisateurs permet d'autre part au CERGRENE de jouer pleinement son rôle vis-à-vis des élèves de l'ENPC. La formation par la recherche qu'il leur offre constitue en effet un moyen privilégié d'illustrer, sur des cas d'application réels, comment peuvent être pratiquement utilisées les connaissances théoriques en hydrologie, hydraulique, environnement, etc..., qu'ils ont emmagasinées tout au long de leur scolarité, et les techniques de base telles que informatique, micro-informatique, électronique, que nul ingénieur, quelle que soit son orientation future, ne peut plus se permettre d'ignorer.



# La Vie du Corps des Ponts et Chaussées

## POSITION NORMALE D'ACTIVITÉ

M. Paul **JOSSE**, IGPC, en service détaché auprès du Syndicat des Transports Parisiens, est, à compter du 1<sup>er</sup> janvier 1984, réintégré dans son administration d'origine et nommé membre attaché au Conseil Général des Ponts et Chaussées. Arrêté du 14 décembre 1983.

M. Thierry **MASNOU**, ICPC, adjoint au DDE des Côtes-du-Nord, est, à compter du 14 novembre 1983, nommé Chef du Service de l'Information. Arrêté du 23 décembre 1983.

M. Gérard **CHARPENTIER**, IPC à la DDE de l'Essonne, est, à compter du 1<sup>er</sup> janvier 1984, affecté au SETRA pour y être chargé de la Division Technique de la Circulation et de la Sécurité. Arrêté du 26 décembre 1983.

M. Roger **TENAUD**, IGPC, chargé du Service Central Technique des Ports Maritimes et des Voies Navigables, est, à compter du 1<sup>er</sup> janvier 1984, désigné comme membre de l'Inspection Générale de l'Équipement et chargé des 28<sup>e</sup> "Service de Navigation Nord" et 30<sup>e</sup> "Service de Navigation Seine" circonscriptions spécialisées d'Inspection Générale. Arrêté du 13 janvier 1984.

M. André **PONTON**, IGPC à la Mission spécialisée d'Inspection Générale "Urbanisme" est, à compter du 7 janvier 1984, chargé conjointement avec M. Jean **SALVA** des 20<sup>e</sup> (Région Languedoc-Roussillon), 21<sup>e</sup> (Région Provence-Alpes-Côte d'Azur) et 22<sup>e</sup> (Région Corse) circonscriptions territoriales d'Inspection Générale. Arrêté du 24 janvier 1984.

## MISE A DISPOSITION

M. Vincent **PIRON**, IPC à la DDE du Rhône, est, à compter du 1<sup>er</sup> février 1984, mis à la disposition du Ministère de l'Industrie et de la Recherche, Direction des Industries Métallurgiques, Mécaniques et Électriques, pour y être chargé de la Sous-Direction des Matériels de Transport. Arrêté du 26 décembre 1983.

M. Michel **MALHERBE**, ICPC, mis à disposition auprès du Ministre Délégué au Temps Libre, à la Jeunesse et aux Sports, est, à compter du 1<sup>er</sup> janvier 1984, mis à la disposition du Ministre Délégué auprès du Ministre des Relations Extérieures, Chargé de la Coopération et du Développement

pour y être chargé à la Direction des Projets de Développement des fonctions d'Adjoint au Sous-Directeur des Infrastructures et des Communications. Arrêté du 26 décembre 1983.

M. Pierre **CARON**, IGPC, membre attaché au Conseil Général des Ponts et Chaussées, est, à compter du 1<sup>er</sup> février 1984, mis à la disposition du Ministère de l'Industrie et de la Recherche, Direction du Gaz, de l'Électricité et du Charbon. Arrêté du 20 janvier 1984.

## DÉTACHEMENT

M. Michel **PECHERE**, ICPC vient d'être nommé Directeur du Port Autonome de Marseille.



(Photo OROP)

M. Thierry **LEHUEROU-KERISEL**, ICPC, vient d'être nommé Directeur du Port Autonome de Dunkerque.



M. Pierre **PAILLET**, IPC est, à compter du 1<sup>er</sup> octobre 1982, placé en service détaché pour une période de cinq ans auprès du Conseil Général du Morbihan, en qualité de Directeur des Services Techniques Départementaux.

M. Jacques **GUERBER**, IPC à la DDE des Yvelines, est, à compter du 15 décembre 1983, pris en charge en vue d'un détachement par la Caisse des Dépôts et Consignations comme chargé de mission en vue d'exercer les fonctions de Délégué pour la Région Champagne-Ardennes. Arrêté du 14 décembre 1983.

M. Hubert **ROUX**, ICPC est, à compter du 1<sup>er</sup> octobre 1982, placé en service détaché auprès de la Société d'Études Techniques et d'Entreprises Générales (Sodemeg) filiale de Thomson-Brandt, pour une période de cinq ans. Arrêté du 21 décembre 1983.

M. Bernard **SAINT-ANDRÉ**, IPC en service détaché auprès du Port Autonome de Marseille, est, à compter du 1<sup>er</sup> novembre 1983, maintenu dans la même position pour une période de trois ans. Arrêté du 21 décembre 1983.

M. Roland **BONNEPART**, IPC à la DDE de la Loire, est, à compter du 1<sup>er</sup> janvier 1984, pris en charge en vue d'un détachement par la SNCF. Arrêté du 26 décembre 1983.

M. Bernard **BASSET**, ICPC auprès de la Délégation à l'Aménagement du Territoire et à l'Action Régionale en qualité de Secrétaire Général de la Mission Interministérielle pour l'Aménagement de la Côte Aquitaine, est, à compter du 1<sup>er</sup> avril 1983, détaché auprès du Ministère des Affaires Sociales et de la Solidarité Nationale pour exercer les fonctions de Chef du Service des Constructions et de l'Équipement à la Direction des Hôpitaux. Arrêté du 30 décembre 1983.

M. Jérôme **FESSARD**, IPC, mis à la disposition du Ministère de l'Industrie et de la Recherche, est, à compter du 1<sup>er</sup> novembre 1983, détaché auprès de l'Agence Nationale de Valorisation de la Recherche en qualité de Secrétaire Général Adjoint du Comité Directeur du Fonds Industriel de Modernisation. Arrêté du 30 décembre 1983.

M. Bernard **AILLERET**, ICPC en service détaché auprès de la Société Anonyme Immobilière d'Économie Mixte de Châtelleraut, en qualité de directeur, est, à compter du 1<sup>er</sup> août 1983, maintenu dans la même position et dans les mêmes fonc-

tions auprès de cette société pour une nouvelle période de cinq ans, éventuellement renouvelable.  
Arrêté du 30 décembre 1983.

M. Bernard **BUISSON**, IPC à la DDE du Vaucluse, est, à compter du 1<sup>er</sup> décembre 1983, pris en charge par le Conseil Général du Vaucluse pour exercer les fonctions de Directeur Général des Services Techniques.  
Arrêté du 5 janvier 1984.

M. Paul **ANDREU**, IPC, en service détaché auprès de l'Aéroport de Paris, est, à compter du 1<sup>er</sup> octobre 1983, maintenu dans la même fonction auprès de cet organisme pour une nouvelle période de cinq ans, éventuellement renouvelable.  
Arrêté du 10 janvier 1984.

M. Pierre **CUBAUD**, ICPC en service détaché auprès de l'Agence Française pour la Maîtrise de l'Énergie, est, à compter du 1<sup>er</sup> janvier 1984, réintégré dans son administration d'origine en vue d'un détachement auprès de la Société Centrale Immobilière de la Caisse des Dépôts en qualité de Directeur du Département de l'Architecture et de la Construction.  
Arrêté du 9 janvier 1984.

M. Gilbert **RAUST**, à la DDE du Tarn-et-Garonne, est, à compter du 1<sup>er</sup> janvier 1984, pris en charge en vue d'un détachement par la ville de Montauban en qualité de Directeur Général des Services Techniques.  
Arrêté du 20 janvier 1984.

M. Gérard **LEMONNIER**, IPC en service détaché auprès de la Ville de Cannes, est, à compter du 1<sup>er</sup> septembre 1983, détaché auprès de l'Association pour l'Étude et la Réalisation du Nouvel Opéra de la Bastille comme directeur administratif.  
Arrêté du 20 janvier 1984.

## DISPONIBILITÉ

M. Gérard **PAYEN**, IPC, DDE de la Haute-Savoie, est, à compter du 15 décembre 1983, placé en congé de disponibilité.  
Arrêté du 26 décembre 1983.

## HORS CADRES

M. Jean **DOYARD**, IPC en service détaché auprès d'EDF, est, à compter du 1<sup>er</sup> novembre 1982, placé en position hors cadres.  
Arrêté du 25 octobre 1983.

M. François **AILLERET**, ICPC, en service détaché auprès d'EDF, est, à compter du 1<sup>er</sup> mai 1982, placé en position hors cadres.

## RETRAITE

M. Paul **MASSON**, IGPC, Directeur Régional de l'Équipement, est, à compter du 16 avril 1984, admis à faire valoir ses droits à la retraite.  
Arrêté du 28 décembre 1983.

M. Marcel **PRADE**, IGPC, DDE de la Vienne, est, à compter du 2 mars 1984, admis à faire valoir ses droits à la retraite.  
Arrêté du 5 janvier 1984.

## DÉCÈS

Nous avons le regret de faire part du décès de notre Camarade Jacques **GARAN-CHER**, ICPC, survenu le 25 décembre 1983.

Nous présentons à sa famille toutes nos condoléances.

### Rectificatif

M. Maurice **RICHARD**, IGPC, est admis à faire valoir ses droits à la retraite par limite d'âge. J.O du 18.10.83.

## LU POUR VOUS

### Les langages de l'humanité

par Michel MALHERBE  
(Seghers)

*Fustiger le "français" fut une mode lancée concrètement par Maurice ETIEMBLE.*

*Depuis une dizaine d'années, nos gouvernants ont emboîté le pas et "pondu" nombre de textes réglementaires visant à l'enrichissement de la langue française et à la francisation de nombreux néologismes pour la plupart inspirés de l'anglais.*

*Si la défense et l'illustration de la langue française, bien vivace mais soumise à de rudes agressions par des langues parlées par des groupes humains de plus en plus nombreux, ont fait depuis trois siècles l'objet d'une sollicitude effrénée de la part de tous nos secrétaires perpétuels de sociétés littéraires savantes ou autres, les temps que nous vivons nous imposent de sortir de notre repli sur nous-même.*

*Foin de ce nombrilisme chauvin qui fait notre principal défaut au regard de tous les étrangers avec lesquels nous pouvons aller au fond des choses.*

*Il était temps qu'un regard lucide se porte sur toutes les langues qu'utilise l'Humanité pour véhiculer les idées qui font sa force biologique et métaphysique.*

*Michel Malherbe a réussi le tour de force de décrire les quelque 3 000 langues parlées dans le monde sous la forme d'une encyclopédie d'accès facile au plus grand nombre.*

*On y verra décrites et classées les principales langues connues et analysées, les voies structurantes qui conduisent les sociétés à se bâtir en fin de compte autour d'un langage et d'un groupe d'idées communs.*

*On y apprendra que la langue anglaise possède pour tout vocable au moins deux expressions, l'une d'origine anglosaxonne, l'autre d'origine latine ou française.*

*Et l'on retiendra que les langues qui ont un bel avenir devant elles sont celles qui s'adaptent le mieux et le plus vite.*

*Nous n'oublierons pas non plus de faire un retour en arrière sur les langues mères qui ont disparu, ces langues mortes qui furent il y a deux mille ans l'objet d'une politique réaliste conduisant à l'expansion de deux langues véhiculaires abâtardies mais riches de transformations et de descendance : la koïné grecque et le "bas-latin".*

*Merci à Michel Malherbe de savoir nous faire voyager dans le monde des langues, du serbo-croate au khmer, du farsi aux langues polynésiennes, de l'anglais au quechua, du peul au tibétain et de nous montrer à quel point il n'a jamais été aussi justifié de qualifier toutes ces langues de "vivantes".*

### "La perspective de la Défense dans l'art et l'histoire"

*La réinstallation de la statue qui a donné son nom à la Défense était une bonne occasion de réécrire l'histoire du quartier et de montrer la liaison entre les grands tracés routiers, les ponts et le développement des villes. (Ce catalogue est en vente à l'EPAD et aux archives des Hauts-de-Seine).*



# otv



**Eaux potables**  
**Eau d'alimentation industrielle**  
**Eaux résiduaires urbaines et industrielles**  
**Traitement et valorisation des ordures ménagères et des boues**



"Le Doublon" 11, avenue Dubonnet - 92407 Courbevoie Cedex - France  
Tél. +33(1)774.46.64 et +33(1)774.48.84 - Téléc 610 521 F et 611 494 F



# DES TECHNIQUES DE POINTE

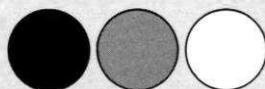
La Compagnie générale des eaux met à la disposition  
des collectivités locales les techniques de pointe  
qu'elle a mises au point et qui connaissent  
un succès dans le monde entier.

Ainsi, pour le traitement de l'eau potable  
ou pour l'épuration des eaux usées elle fait appel à :

l'ozone,  
la biotechnologie,  
l'informatique.

De plus en plus, les techniques de traitement font appel  
à des techniques « douces »  
utilisant les ressources de la biologie.

L'EAU EST UN MÉTIER



COMPAGNIE GÉNÉRALE DES EAUX