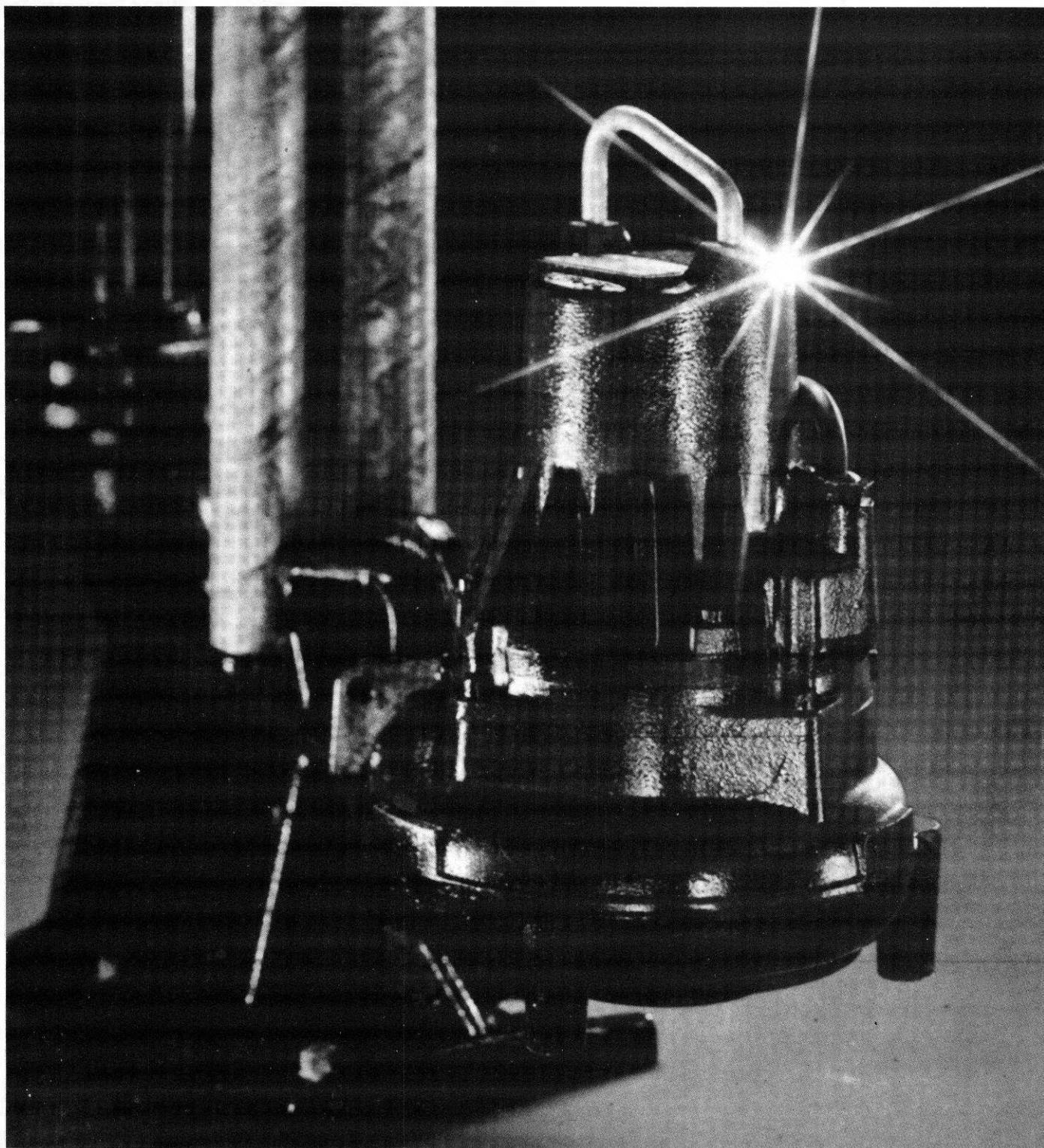


FOOD

l'eau

**Pompes submersibles Flygt:
plus de problème de relèvement
des eaux chargées.**



FLYGT

la garantie d'un grand nom.

FLYGT FRANCE S.A. -35, rue J.-J.-Rousseau-B.P. 398
92153 Suresnes Cedex -Tél. (1) 772.31.31

mensuel

28, rue des Saints-Pères
Paris-7^e

Dépôt légal 1^{er} trimestre 1983
N° 83046
Commission Paritaire N° 55.306

sommaire

Directeur de la publication :

M. BELMAIN
Président de l'Association

Administrateur délégué :

Philippe AUSSOURD
Ingénieur
des Ponts et Chaussées

Rédacteurs en chef :

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

Secrétaire générale de rédaction :

Brigitte LEFEBVRE du PREY

Assistante de rédaction :

Eliane de DROUAS

Rédaction - Promotion Administration :

28, rue des Saints-Pères
Paris-7^e - 260.25.33

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

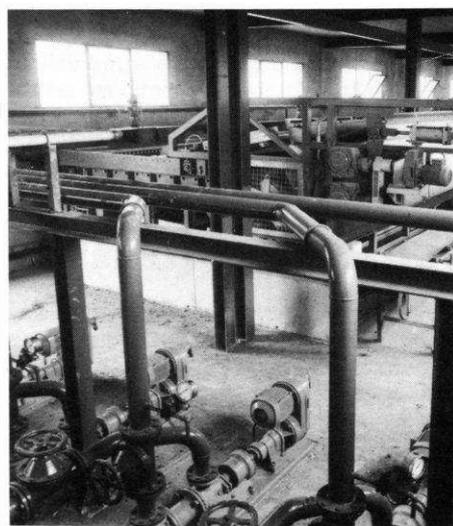
Abonnements :

— France **225 F** (TTC).
— Étranger **225 F** (frais de port en sus).
Prix du numéro : **24 F**
dont T.V.A. : 4 %.

Publicité :

Responsable de la publicité :
H. BRAMI

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



dossier

- Les entreprises et le service public
Pourquoi l'affermage ?
par P. FAISANDIER 21
- La station de Vitoria au pays basque
Espagnol
par A. TICHIT 23
- L'eau : un nouveau métier
par D. CAILLE 27
- Les réseaux d'eau et l'urbanisme
par F. VALIRON 31
- L'aménagement hydraulique et
l'assainissement de la Vallée de la
Scarpe à l'aval de Douai
par MM. B. GODFROY
et B. WEYMULLER 34
- La vigilance dans les métiers de
l'eau
par J.-M. OURY 36
- Le comptage des eaux usées
par J. LAMOURE 37
- Auscultation et réhabilitation des
réseaux d'assainissement
par P. de la CLERGERIE 41
- De l'eau de source pour Montpel-
lier : la technique au service de
l'écologie
par MM. J. ROMAN
et R. CALMELS 45

rubriques

La Vie du Corps des Ponts et Chaussées

- Formation continue ENPC 47
Assemblée générale du 6 janvier
1983 48

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

Couverture :

Document Compagnie Générale
des Eaux

IMPRIMERIE MODERNE
U.S.H.A.
Aurillac

Maquette : Monique CARALLI

SOCIETE NOUVELLE DES ENTREPRISES LECAT

S.A.R.L. au Capital de 3.000.000 de F. — R.C. PERONNE 325 348 589

- TRAVAUX PUBLICS
- TERRASSEMENTS MECANIKUES
- OUVRAGES D'ART
- CONSTRUCTION D'USINES
- TRAVAUX FLUVIAUX
- TRAVAUX ROUTIERS
- ROUTES ET AUTOROUTES
- V.R.D. ASSAINISSEMENT
- AMENAGEMENTS INDUSTRIELS
- TRAITEMENT DES SOLS

SIEGE SOCIAL :

61, rue Saint-Fursy - 80200 PERONNE — Tél. (22) 84.15.46 — Télex 150377

- **Agence d'AMIENS**
70 bis, rue Maberly
80000 AMIENS
☎ (22) 43.22.82/43.24.82/43.29.83
- **Agence de SAINS-EN-GOHELLE**
Terril de la Fosse 10
62114 SAINS-EN-GOHELLE
☎ (21) 26.39.19
- **Agence de PERONNE T.P.**
- **Agence de PERONNE G.C.-C.I.**
Route de Rocogne
80200 PERONNE
☎ (22) 84.23.50
- **Agence du TREPORT**
3, rue de l'Hôtel de Ville
76470 LE TREPORT
☎ (35) 86.63.34
- **Agence de LILLE**
12^e rue - Port Fluvial
59000 LILLE
☎ (20) 92.72.11
- **Agence de SOISSONS**
Zone Industrielle de
VILLENEUVE SAINT-GERMAIN
02200 SOISSONS
☎ (23) 53.41.38
- **Agence de MONTREUIL-SUR-MER**
Zone d'Emploi - BP 46 - Saint-Justin
62170 MONTREUIL-SUR-MER
☎ (21) 06.17.42/06.08.32

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^{er} 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 Entrepreneurs de TRAVAUX PUBLICS.

Fers apparents, fissurations réparation, renforcement des structures en béton

M. Claude FERT, Directeur Technique **TORKRET**

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

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

1 Rôle protecteur du béton

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

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

Sous l'effet des forces de flexion, de torsion, d'effort tranchant les structures sont susceptibles de se fissurer car la liaison acier-béton n'est pas élastique le béton se rompant en traction a une valeur d'allongement bien inférieure à celle admise dans l'acier qu'il enrobe.

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

2 Exigences

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

3 Enrobages insuffisants

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

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

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

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

3.1. Bétonnage conventionnel

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

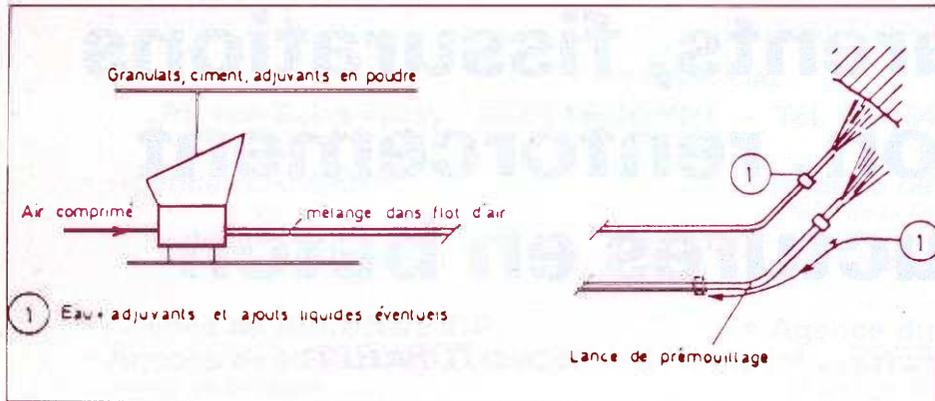
3.2. Liants hydrauliques modifiés

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

3.3. Béton projeté par voie sèche

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

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



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

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

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

4 Béton poreux

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

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

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

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

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

5 Fissures

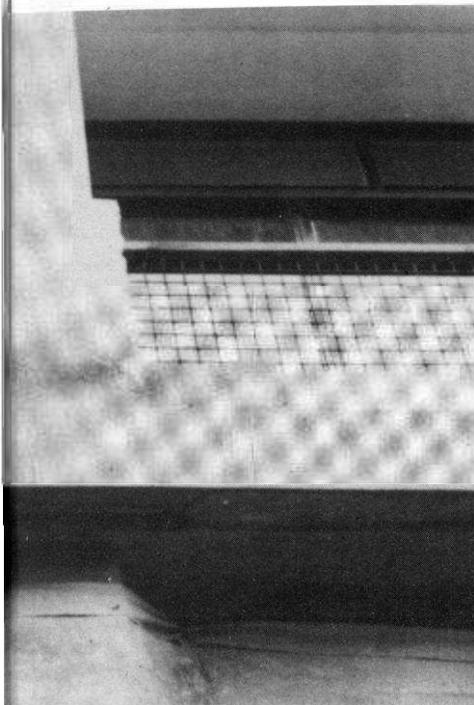
La fissuration des bétons constitue une singularité préjudiciable à la pérennité de la construction. Elle provoque une brèche dans laquelle les agents de la corrosion pénètrent directement jusqu'aux armatures. L'allongement des armatures dans les sections fissurées engendre des microfissurations du béton.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

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



Réparation en cours d'un bandeau par projec





éton d'enrobage (3 cm d'épaisseur).



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

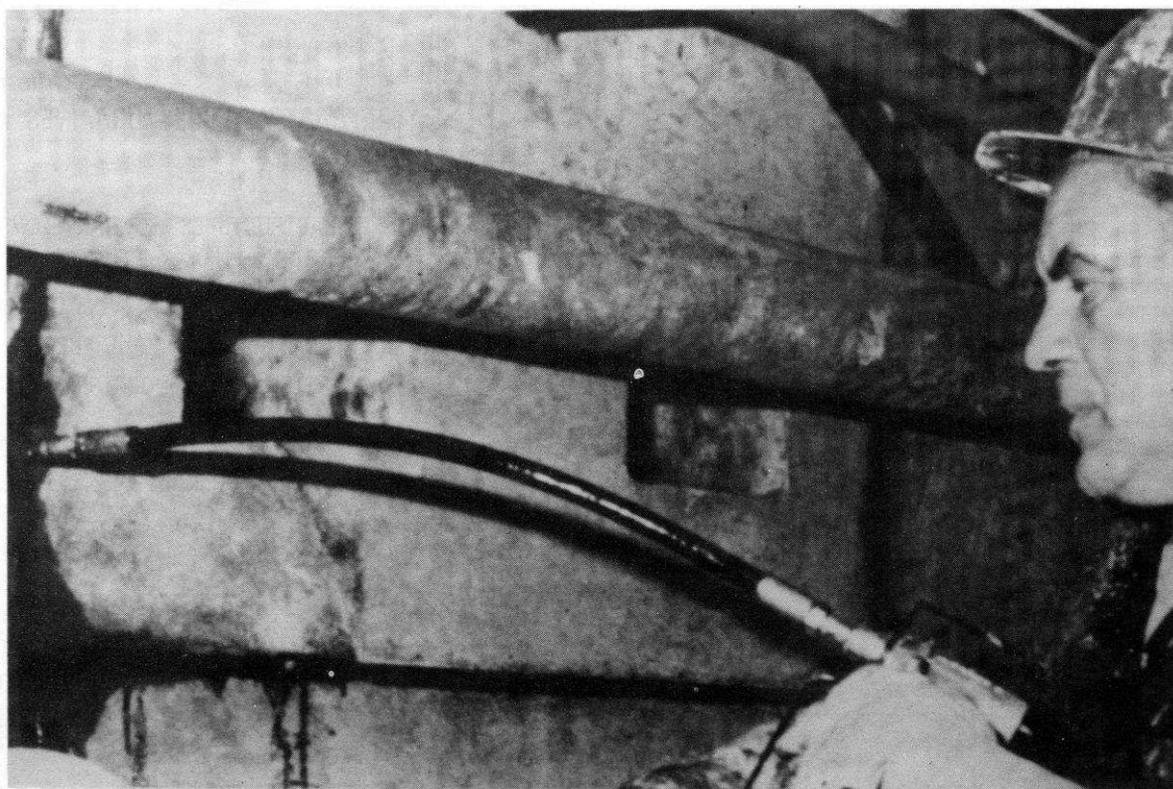
Les liants hydrauliques répondent à ces conditions, malheureusement ils ne peuvent pas remédier à toutes les altérations. Un coulis de ciment frais n'est en effet qu'une suspension minérale dans l'eau dont les performances d'écoulement sont limitées. Toutes les discontinuités disponibles ne sont pas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

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

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

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

Injection de fissure dans une structure en béton précontraint.



L'écho des
RECHERCHES

TOUT SAVOIR

sur les télécommunications de demain

Chercheurs... L'Echo des Recherches vous apportera une information sur le secteur en vive expansion des télécommunications qui requiert des études fondamentales variées.

Ingénieurs et techniciens de l'industrie... L'Echo des Recherches vous fournira l'état des études susceptibles de déboucher à court terme sur une industrialisation.

Exploitants des télécommunications... L'Echo des Recherches vous éclairera sur les systèmes en développement ou en expérimentation.

Etudiants... L'Echo des Recherches vous orientera dans le vaste panorama des types d'activité du CNET et de l'ENST, allant de la recherche fondamentale au suivi de développement et à l'assistance technique.

A tous enfin... L'Echo des Recherches suggérera les éléments de réflexion sur les télécommunications de demain.



Abonnements :
L'Echo des Recherches, 38-40, rue du Général Leclerc,
92131 Issy-les-Moulineaux. Joindre à votre demande le titre de paiement (chèque postal ou bancaire) rédigé à l'ordre de : Monsieur le régisseur de recettes du CNET - CCP Paris 90 42 70 H.
Tarifs : Prix du numéro : France 60 F - Étranger 65 F.
Prix de l'abonnement : France 200 F - Étranger 220 F.
Spécimen gratuit sur demande.

Revue trimestrielle éditée par le Centre National d'Etudes des Télécommunications (CNET) et l'École Nationale Supérieure des Télécommunications (ENST).

MINISTÈRE DES PTT

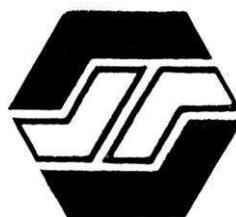
BOURDIN & CHAUSSE

**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



beture

Société d'Etudes
et de Réalisations

d'INFRASTRUCTURES URBAINES et d'EQUIPEMENTS

- INFRASTRUCTURES - V.R.D. - TELEVISION - ECLAIRAGE
- HYDRAULIQUE URBAINE
- AMENAGEMENTS EXTERIEURS ET PAYSAGE
- ENERGIES POUR LE CHAUFFAGE
- DECHETS URBAINS INDUSTRIELS ET AGRICOLES
- BRUIT ET POLLUTIONS
- ENTRETIEN MAINTENANCE D'EQUIPEMENTS URBAINS ET INFRASTRUCTURES

Siège social :

2, rue Stephenson 78181 ST-QUENTIN YVELINES Cedex

☎ (3) 043.99.27

DES TECHNIQUES DE POINTE

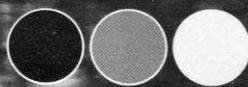
La Compagnie Générale des Eaux met à la disposition des collectivités locales les techniques avancées qu'elle a mises au point et qui sont développées dans le monde entier.

Ainsi, pour le traitement de l'eau potable ou pour l'épuration des eaux usées elle recourt 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 et préservant l'environnement.

L'EAU EST UN MÉTIER



COMPAGNIE GÉNÉRALE
DES EAUX

LE CENTRE TECHNIQUE DU BOIS

(Centre Technique Industriel régi par la loi du 22 juillet 1948)

10, avenue de Saint-Mandé - 75012 PARIS
Tél. (1) 344.06.20 — Télex : 214 280 F CTBOIS

Le Centre Technique du Bois a été créé par arrêté du 15 février 1952. Sa mission générale est de promouvoir le progrès des techniques dans l'industrie du bois en vue de favoriser l'amélioration du rendement et la garantie de la qualité des produits.

Son activité concerne les secteurs :

- de l'exploitation forestière,
- de la scierie,
- de la fabrication de produits semi-finis : contreplaqué, panneaux de particule et de fibre, bois massif reconstitué,
- de la fabrication d'emballage en bois,
- de la fabrication de composants de la construction : charpente, menuiseries intérieure et extérieure, ossature,
- de la fabrication de produits divers à base de bois allant des poteaux de lignes aux jouets,
- de l'ameublement.

Il s'agit donc, à l'exception du papier, de l'ensemble des secteurs qui utilisent le bois en tant que matériau de structure ou comme matière première structurelle et non comme source d'énergie.

L'objectif de développement économique et social des secteurs économiques concernés passe par des innovations effectives mises en œuvre dans les entreprises, auxquelles le C.T.B. concourt par les résultats de ses recherches et par l'ensemble de ses actions d'appui technique, de formation, d'information, de normalisation, de certification, etc...

Un des aspects essentiels de la mission du centre est d'assurer un rôle d'adaptation et de transfert entre les connaissances qu'élaborent la recherche externe (fondamentale ou d'autres organismes techniques) et les entreprises. Le Centre Technique du Bois s'efforce de maîtriser le mieux possible les problèmes liés au comportement du bois, notamment les relations variables dans le temps entre contraintes, déformation et humidité, ainsi que les équilibres entre le bois, l'humidité et les adjuvants. Les nécessités d'économie de matière et de valorisation des essences ne permettent plus en effet de se contenter d'approximations trop grossières. De même, l'objectif d'emploi des essences métropolitaines, rendu nécessaire par l'évolution à moyen terme des marchés internationaux, nécessite une connaissance beaucoup plus précise des caractéristiques technologiques de bois pour lesquels il suffisait jusqu'ici de renseignements très approximatifs.

L'un des axes originaux de la mission du centre concerne l'amélioration de l'aptitude à l'emploi des produits finis et semi-finis. Les compétences nécessaires dépassent celles qui concernent le matériau lui-même mais doivent porter également sur les conditions d'usage et s'étendre à l'emploi de produits très divers (biocides, colles, produits de finition) ainsi qu'à l'emploi d'autres matériaux, notamment dans le cas de l'ameublement. Les problèmes de durabilité, de stabilité, de pérennité de l'aspect revêtent une importance particulière.

Le Centre Technique du Bois est agréé comme organisme certificateur, en vue de la délivrance de certificats de qualification intéressant le domaine du bois et de ses utilisations.

— Plusieurs règlements techniques ont déjà été approuvés conformément au décret du 9 juillet 1980.

- Marque CTB-P et CTB-H "Panneaux de particules" A 05-01
- Marque CTB-CI "Charpentes Industrialisées" A 05-02
- Marque CTB "Parquets et lambris en pin maritime" A 05-03
- Certificat de Qualification ACOTHERM A 05-04
- Marque CTB "Fenêtres" A 05-05

— D'autres règlements techniques sont encore en cours d'examen :

- Marque CTB "Sciage"
- Marque CTBF "Produits de préservation du bois"
- Agrément CTB "Stations de traitement"
- Conventions de contrôle CTB "Composants de l'ameublement" et divers.

Le Centre Technique du Bois intervient par ailleurs pour le compte de l'AFNOR, organisme certificateur, pour assurer la gestion et le contrôle techniques d'un certain nombre de marques NF :

— dont le règlement a déjà été approuvé :

- Marque NF-CTB "Parquets en bois feuillus durs" A 01-04
- Marque NF "Contreplaqués" A 01-06
- Marque NF-CTB "Portes planes" A 01-07
- Marque NF-Réaction au feu A 01-34

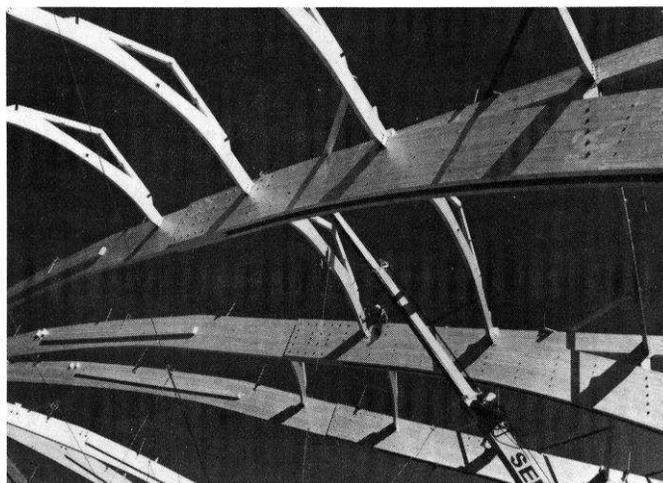
— ou est encore en cours d'examen :

- Marque NF-CTB Ameublement.

En dehors du champs d'application du décret du 9 juillet 1980, le Centre Technique du Bois délivre aux entreprises qui pratiquent, selon ses prescriptions techniques, le traitement curatif des ouvrages contre les infestations des insectes xylophages et des champignons, un :

- agrément CTB "Applicateurs".

qui apporte aux utilisateurs la garantie d'un travail bien fait.



LA VALORISATION DU BOIS, MOYEN DE LA GESTION DES FORETS DE PROTECTION

Forêt de peuplement et production de bois

Les peuplements forestiers assurent des fonctions très diverses que l'on classe habituellement en :

- Rôle économique,
- Rôle social,
- Rôle de protection.

Ce rôle de protection intègre des notions très différentes comme "l'équilibre écologique régional", mais il concerne essentiellement la défense contre l'érosion et la régularisation du régime des eaux. Les forêts jouent un rôle tampon qui augmente les durées de concentration des eaux pluviales et cette propriété a été très largement utilisée pour la restauration des terrains en montagne et la diminution de la violence des torrents.

Cependant ces différentes fonctions ne sont pas indépendantes.

D'une part, la fonction économique est nécessaire pour limiter le coût net du maintien du peuplement forestier dans des buts sociaux ou de protection. Quel que soit l'intérêt que les populations peuvent accorder à de telles fonctions, elles ne sont pas pour autant disposées à en payer le prix. L'état actuel de la forêt méditerranéenne montre combien il est difficile de maintenir des peuplements forestiers quand il n'est pas possible d'en tirer un revenu suffisant pour couvrir l'essentiel des dépenses. Il suffit de comparer ce cas à celui de la forêt landaise.

D'autre part, il ne s'agit pas, dans un pays comme la France, de peuplements forestiers réellement "naturels". Leur stabilité ne peut être assurée que par des interventions humaines permettant d'ajuster la densité des peuplements au stade de croissance des arbres. Ces interventions se traduisent par des coupes, donc par une récolte de bois.

En définitive, si la production de bois est selon les cas un objectif ou un moyen, la simple possibilité de maintien des massifs forestiers reposera sur la valorisation aussi importante que possible du bois récolté.

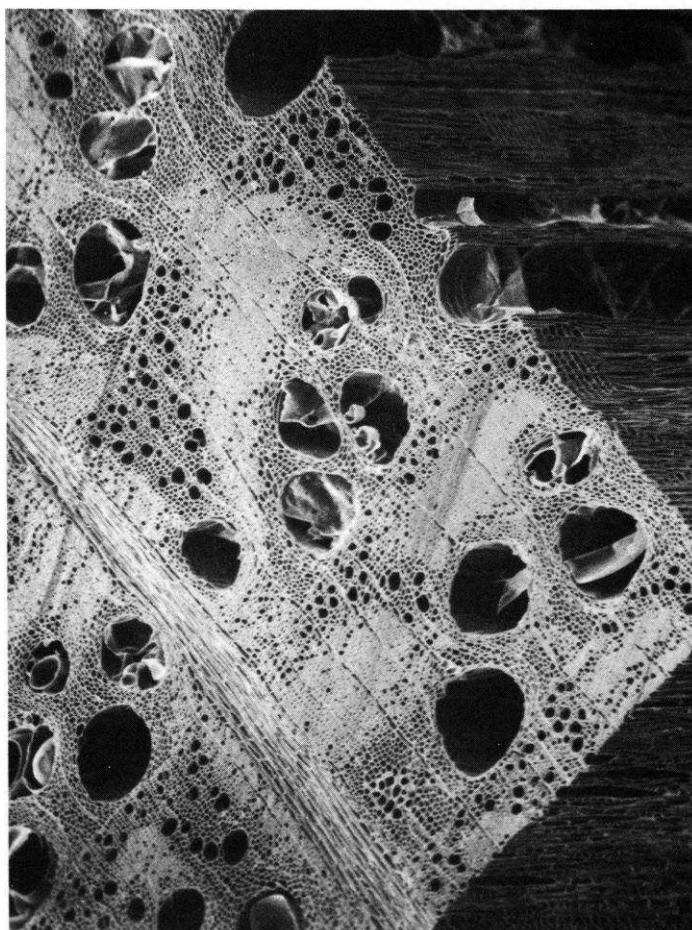
L'orientation bois d'œuvre

Les coupes de bois permettent de prélever une partie de la production forestière dont le destin normal en l'absence d'intervention serait la décomposition après la mort des arbres comme cela se produit dans une forêt naturelle qui fonctionne en cycle fermé.

Le mécanisme de la photo-synthèse permet aux arbres de fabriquer de la matière organisée à l'aide de l'énergie solaire. Cette organisation leur permet de résister à l'action du vent et de leur propre poids grâce à un ensemble de faisceaux de fibres orientés. L'utilisation du bois comme simple source de chaleur ne permet de "récupérer" que la part d'énergie qui a servi à la constitution des molécules. On obtient un rendement énergétique global bien meilleur en utilisant les qualités structurelles du bois, soit partiellement dans le cas de la pâte à papier ou des panneaux de fibres, soit beaucoup plus complètement dans les bois d'œuvre. C'est le sens de l'orientation "bois d'œuvre" qui est assignée aux forêts françaises pour une meilleure utilisation de ressources naturelles limitées. Mais la mise en œuvre de cette politique, entreprise depuis longtemps dans les forêts domaniales, ne peut être que progressive en raison de difficultés socio-économiques considérables. On est encore très loin, malgré les plantations et les conversions en futaies de récolter sous forme de bois d'œuvre l'essentiel de la production forestière potentielle.

La sylviculture simple et peu coûteuse des taillis feuillus, utilisant les capacités de rejet des sou-

Coupe macroscopique CHENE (grossissement 225).



ches, ne donne que des bois de faibles dimensions et de qualités en général médiocres. Pratiquée pour répondre à des besoins énergétiques importants avant l'essor de l'utilisation du charbon lors des débuts de l'industrialisation, elle est encore pratiquée en France sur de grandes surfaces car elle ne nécessite pas d'investissements à long terme.

Pour obtenir des fûts de fort diamètre droits et bien élagués, de façon à en tirer des bois de bonnes dimensions, de droit fil et avec peu d'anomalies de structure, il faut choisir des essences de valeur bien adaptées aux conditions écologiques et pratiquer une sylviculture beaucoup plus élaborée et coûteuse.

A partir d'un peuplement très dense, obtenu par plantation ou régénération naturelle par graines, où les conditions de concurrence vitale favorisent la sélection, l'élagage naturel et la rectitude des tiges, on concentre progressivement la capacité de production du sol sur un nombre de plus en plus faible d'arbres choisis parmi les plus aptes à fournir un bois de qualité. Ces méthodes qui utilisent mieux le potentiel de production, sont coûteuses et nécessitent des investissements importants qui ne sont couverts par des ventes de produits que lorsque la forêt est globalement équilibrée.

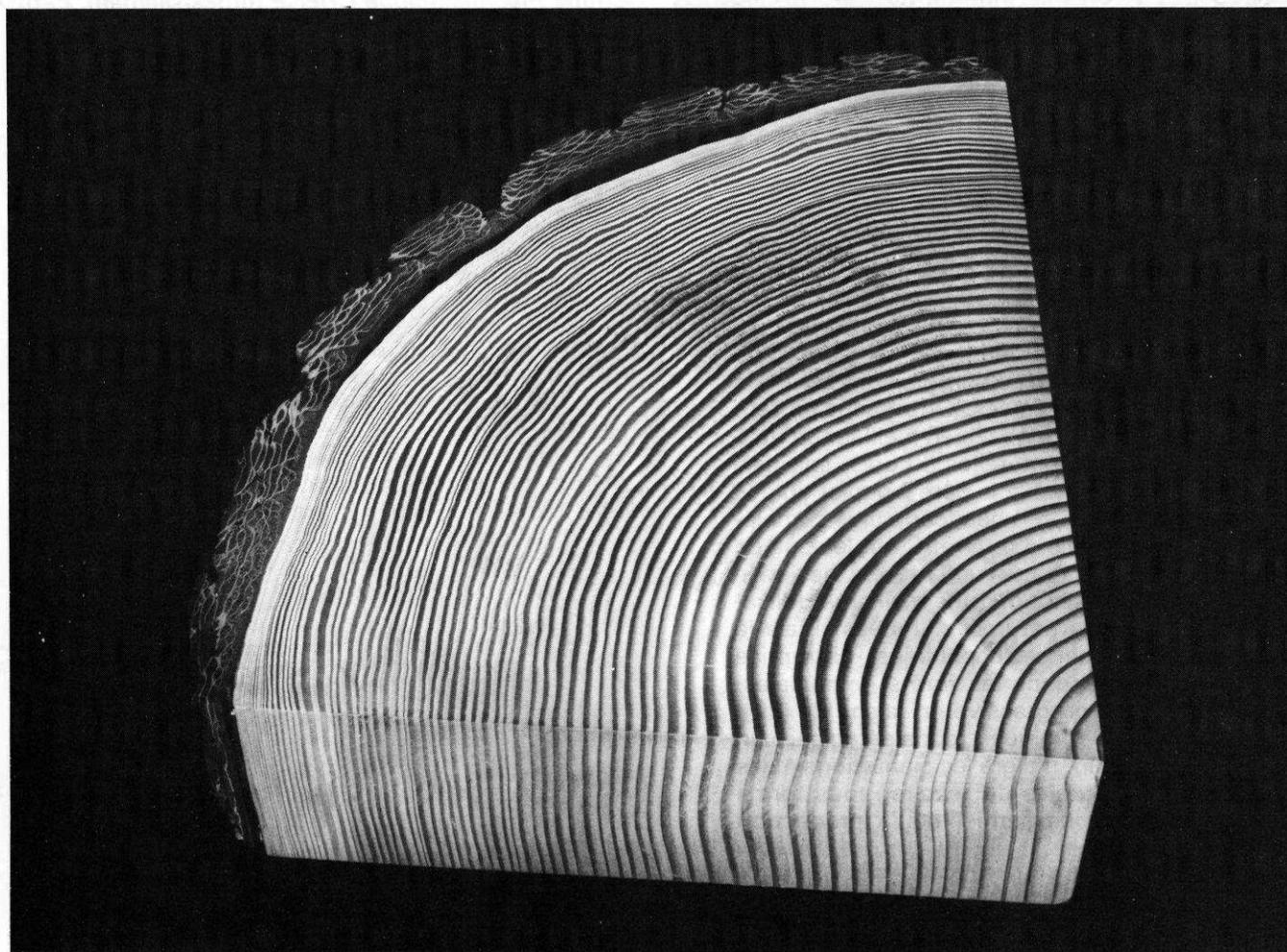
Le bois, ancêtre toujours actuel des matériaux composites

Des faisceaux de fibres de cellulose orientés longitudinalement confèrent au bois la résistance nécessaire au maintien de l'arbre sur pied. Le transport de la sève est assuré par ces mêmes cellules dans le cas des résineux, par des vaisseaux distincts dans le cas des feuillus. Des tissus intersticiels à base d'hémicellulose et de lignite assurent la cohérence de l'ensemble par des liaisons physico-chimiques complexes. Les caractéristiques physiques et mécaniques du bois ne seront donc pas les mêmes dans le sens de l'axe de la croissance et dans les sens transversaux. Les liaisons étant notamment sensibles à l'humidité et à l'élévation de température, les contraintes appliquées au bois pourront donner lieu à des glissements plus ou moins réversibles se traduisant par des fluages et des relations variables entre contraintes et déformations.

L'accroissement en hauteur, et en longueur pour les branches, se fait par des bourgeons terminaux. Mais il s'opère également latéralement par génération de nouvelles couches de cellulose à la périphérie. Au printemps s'élaborent des tissus de faible densité, puis en été des tissus plus serrés et la croissance se ralentit jusqu'à l'arrêt hivernal. C'est ainsi que se marquent les cernes annuelles visibles sur une section, la largeur des accroissements dépendant des conditions de croissance. La proportion de bois "d'été" ou texture est un facteur important pour les caractéristiques mécaniques.

Les caractéristiques physiques et mécaniques ne seront pas les mêmes dans le sens radial et dans le sens tangentiel par rapport aux cernes. Cette structure est perturbée notamment par l'existence des branches dont les

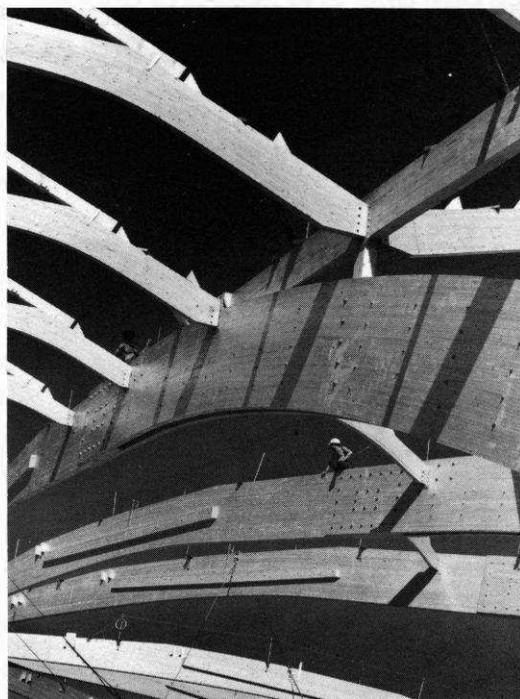
Coupe transversale Douglas Français.



faisceaux de fibres ont une orientation différente de celle du tronc. Leur base peu à peu englobée dans les couches de croissance constituée des nœuds, jusqu'à ce que la branche meure ou soit coupée. Ces zones de changement d'orientation constitueront en général des points faibles.

Le bois d'un arbre est naturellement gorgé d'eau. Une pièce de bois en situation d'emploi, n'en comprend qu'une faible proportion déterminée par un équilibre avec les conditions d'ambiance. Or le bois se rétrécit lorsque son humidité diminue et il gonfle quand elle augmente. L'intensité de ces phénomènes n'est pas la même dans toute les directions. Lors du séchage des pièces massives il se produira donc des déformations dues aux différences de variation de dimensions suivant les directions, et les ouvrages devront être conçus de façon à permettre le "jeu" du bois lors des variations de conditions d'ambiance.

Les particularités de sa structure font du bois un matériau bien adapté à de nombreux emplois, à condition de savoir l'utiliser. Il n'est pas possible de le traiter de façon aveugle comme s'il s'agissait d'un matériau homogène. Les caractéristiques technologiques ne seront pas rigoureusement les mêmes suivant les essences, les conditions de croissance et les anomalies de structure. Elles ne pourront être déterminées que par des paramètres statistiques dont la connaissance nécessite des expérimentations importantes. Matériau lentement constitué par des êtres vivants, soumis année après année aux aléas des phénomènes naturels et des interventions humaines, le bois permet la réalisation d'ouvrages aux caractéristiques très "performantes" à condition d'être traité en tenant compte de ses particularités. Il n'est évidemment pas possible d'admettre aujourd'hui pour des produits de consommation de masse de longues durées d'examen et de choix. Cela pose des problèmes difficiles pour les fabrications industrielles et la réalisation de processus automatiques avec des capteurs capables de prendre en compte ces caractères particuliers.



*Charpente lamellée-collée
(Hall des Expositions d'Avignon en 1977).*

Des activités de production très diverses

Les opérations d'exploitation forestière, qui assurent la récolte des bois, le sciage, la fabrication de panneaux et de placages, d'emballages, de parquets, menuiserie, charpente, de meubles et sièges, sont assurés par un grand nombre d'entreprises très dispersées sur le territoire, relevant soit de l'industrie, soit des activités agricoles, soit du bâtiment. On compte environ 7.000 entreprises de plus de 10 salariés et 96.000 de moins de 10.

Recherche et appui technique

Comme pour d'autres matériaux et activités professionnelles, les activités collectives de recherche et d'appui technique sont confiées à un centre technique industriel, en l'espèce le Centre Technique du Bois dont l'effectif est de l'ordre de 250 personnes. Les particularités et la diversité du matériau en font un sujet de recherche particulièrement complexe qui ne peut guère être abordé qu'à un niveau collectif. Il nécessite la conjonction d'un très grand nombre de disciplines allant de la physique à la biologie pour analyser les mécanismes mis en jeu lors des applications de contraintes, le séchage, la préservation contre les insectes et champignons, le collage, les peintures et finitions, etc...

Pour aider les industriels et artisans à améliorer leur productivité et les performances de leurs produits, il est également nécessaire de disposer d'équipes spécialisées de l'exploitation forestière, dans la fabrication de sciages, de feuilles de placage, de panneaux de particules et de contreplaqués, de meubles et sièges, de composants de la construction et de bâtiments à structure bois.

La diffusion de l'innovation technique dans un ensemble aussi vaste de petites entreprises nécessite des types d'intervention très divers et notamment une action soutenue d'informations.

Enfin il est indispensable que les produits fabriqués aient des caractéristiques et des performances précises malgré la variété du principal matériau utilisé. Cela explique l'importance particulière de la certification de qualité pour l'ameublement et les produits industriels à base de bois. Cette action de certification qui permet aux utilisateurs, notamment dans le bâtiment, de disposer de produits finis aux performances exigées par les utilisateurs. C'est pourquoi le Centre Technique du Bois y affecte près du quart de ses moyens.

La valorisation du bois est indispensable pour permettre de maintenir en état les massifs forestiers et notamment ceux dont l'objet principal est de contribuer à la protection du sol et à la régularisation du régime des eaux. Bien qu'il conserve une image de matériau traditionnel, le bois est utilisé de plus en plus en fonction de ses performances propres par rapport aux autres matériaux. Cela nécessite un effort permanent des professionnels et de leur centre technique, la variété des saisons et des conditions écologiques, qui fait un des charmes de notre pays, se traduisant par une très grande hétérogénéité des bois obtenus.

P. MALAVAL

*Ingénieur en Chef du Génie Rural, des Eaux et Forêts
Directeur Général Adjoint du Centre Technique du Bois*

La publicité
de la Revue

PCM

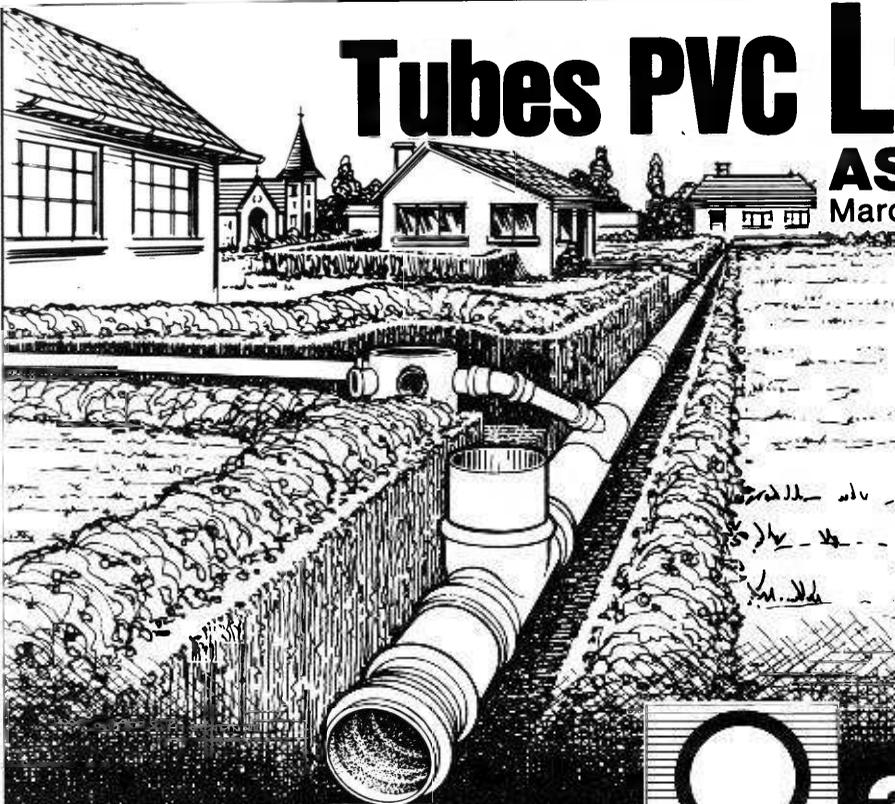
a été confiée à la Société

OFERSOP

responsable **Monsieur H.-BRAMI**

8, Boulevard Montmartre 75009 Paris

Tél. : 824.93.39



Tubes PVC Lucosanit

ASSAINISSEMENT

Marque SP n° 94 et 95 Norme 16352

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



armosig

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

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



**CANALISATIONS
EAU-GAZ
ASSAINISSEMENT
IRRIGATION**

Pour Collectivités et Lotissements

Siège : rue de La Rochelle - BP 1

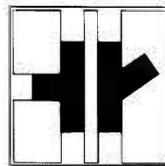
L'Houmeau - 17137 NIEUL-SUR-MER

Agence : 127, Bd de la Paix - BP 589

64010 PAU CEDEX

**le Syndicat National
des Fabricants de tubes et raccords
en PVC Rigide a créé un service**

**INFORMATION ET DOCUMENTATION TECHNIQUE
sur les CANALISATIONS
EN PVC RIGIDE**



à la disposition des techniciens
ingénieurs, professionnels

- données techniques générales
- réglementations, usages, applications
- modes de calcul, abaques

Ecrire à :

SINDOTEC TUBERACCORD PVC

65, rue de Prony, 75854 PARIS CEDEX 17

(1) 763.12.59 Poste 209 Telex 64.16.36 F INPLAST

Nom _____ Organisme _____

Adresse _____

Code Postal _____ Ville _____

Application _____

T.P. BAT. Autres

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



Caro Johnson



PONT-A-MOUSSON S.A.

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

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

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

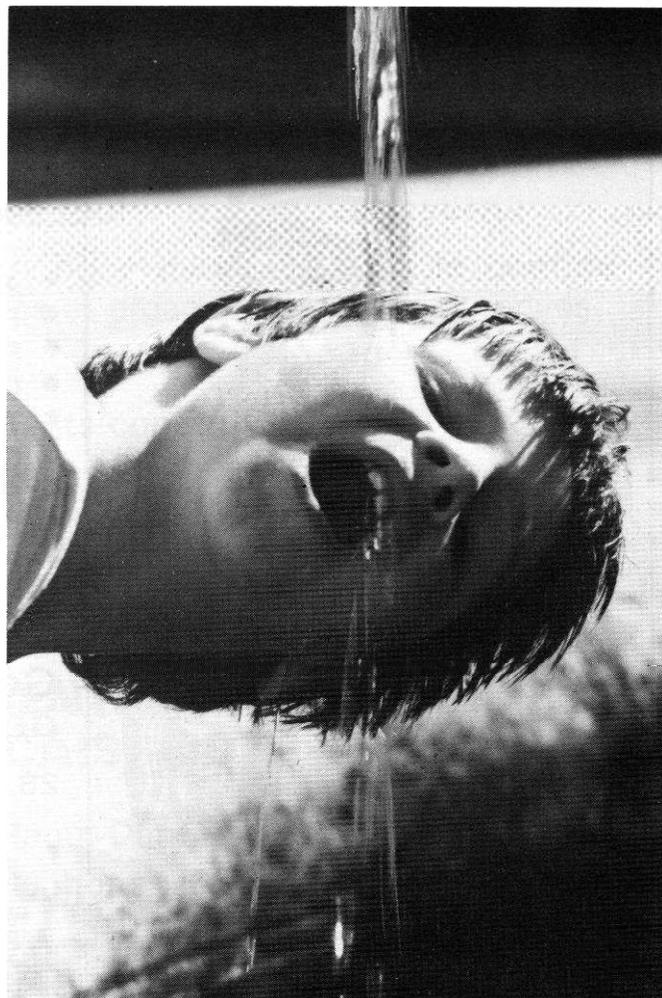


UNIC S.A.

SUCCURSALE DE STRASBOURG

208, route de Colmar - Tél. : (88) 79.40.00
67023 STRASBOURG CÉDEX

UNIC



SAUR

*donne à l'eau
une nouvelle
jeunesse*

eau potable
irrigation - assainissement
collecte et traitement
des ordures ménagères

SOCIÉTÉ D'AMÉNAGEMENT URBAIN ET RURAL

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



**AGENCE
GÉNÉRALE
de VOYAGES**

AGV — Une agence à votre mesure
pour tous vos emplacements professionnels,
vos loisirs, vos vacances.

17, rue Vital-Carles 33000 BORDEAUX
Tél. (56) 52.11.30 Téléx AGV 550705 F

66, Cours Pasteur, BORDEAUX Tél. 91.16.28

LIC. 76046

SAUR - Publicité - Paris - 91 - 820 - Photo J. SEVER



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

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

sade



Compagnie générale
de travaux d'hydraulique

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

TRAVAUX SUR et SOUS L'EAU

SARS

9, rue de Nantes, 67100 STRASBOURG
Téléphone : (88) 34.02.64

soltrav
TRAVAUX SPÉCIAUX DE FONDATIONS

SIÈGE SOCIAL : 2, avenue de la Cabrière 84000 AVIGNON
Tél. : (90) 31.23.96

BUREAUX A :

METZ, 1, rue des Couteliers 57070 METZ BORNLY.
Tél. (8) 736.16.77 — Télex : 860. 695

PARIS, 5 bis, rue du Louvre 75001.
Tél. 260.21.43-44 — Télex : 670.230

CHALON-S/SAONE, Z.I. Nord, rue Ferrée 71530.
Tél. (85) 46.14.26 — Télex : 800 368

NANTES, 8, avenue de la Brise 44700 ORVAULT.
Tél. (40) 59.32.44 — Télex : 710 567

LYON, 111, rue Massena 69006 LYON-LA-PART-DIEU.
Tél. (7) 824.28.33 — Télex : 330 545

ACTIVITÉS :

TRAVAUX SPÉCIAUX DE FONDATIONS - PUIITS
POMPAGES

DRAINAGES SUB-HORIZONTAUX
RABATTEMENTS DE NAPPES - TRAVAUX SOUTERRAINS
PIEUX - PALPLANCHES

ANCrages
CONSOLIDATION DES SOLS PAR COMPACTAGE

- Tous logements aidés, locatifs ou en accession à la propriété
- Habitations à loyer modéré en locatif ou accession
- Equipements collectifs d'accompagnement
- Intervention en toutes zones d'habitation
- Maîtrise d'ouvrages déléguée pour le compte des collectivités et organismes publics ou privés

415.000 logements construits ou engagés depuis 1954.

175 000 logements locatifs gérés



SOCIETE CENTRALE IMMOBILIERE DE LA CAISSE DES DEPOTS

4, place Raoul-Dautry - 75015 PARIS

Téléphone : 538.52.53

ENTREPRISES LÉON BALLOT BTP

Société Anonyme
au capital de 31.500.000 F

**BATIMENT
TRAVAUX PUBLICS**

Siège Social :

155, Bd Haussmann 75008 PARIS

☎ 563.01.66

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 Edouard Delanglade
Boîte Postale N° 29
13254 Marseille Cedex 6
Tél. : (91) 37.92.30
Telex : SEMARSL 440884 F

élestra: la nouvelle génération de triporteurs électriques

**ECOUTEZ SON SILENCE
COMPTEZ SES ECONOMIES
PROFITEZ DE SON CONFORT**



élestra

Pourquoi élestra?



- **Parce que:** son moteur électrique ne pollue pas.
- **Parce que:** sa faible consommation (0,2 kwh/km env.) le fait oublier dans les budgets.
- **Parce que:** son démarrage ne pose aucun problème, même par les conditions les plus dures.
- **Parce que:** son entretien est réduit au minimum.

- **Parce que:** son bruit réduit ne crée aucune nuisance pour l'environnement.
- **Parce que:** sa maniabilité facilite la circulation dans les villes.
- **Parce que:** ses dimensions réduites facilitent son stationnement sans gêner.

Et surtout parce qu'il est L'AVENIR.

Caractéristiques techniques

Permis de conduire A4

Constitution générale du véhicule

- 2 essieux et 3 roues
- Pneumatiques 135 x 12
- 1 châssis métallique
- 2 places assises

Dimensions et poids

- Longueur hors tout 3,00 m
- Largeur hors tout 1,40 m
- Hauteur hors tout 1,70 m
- Plateau L = 1,50 m, l = 1,40 m
- Garde au sol 0,20 m
- Charge utile 300 kg

Moteur

- 1 moteur électrique
- Puissance 6-9 kW

Transmission du mouvement

- La transmission moteur-roue est assurée par un variateur mécanique associé à un pont réducteur différentiel.
- La vitesse est de 60 km/h.

Suspension

- Assurée sur l'avant par ressort cylindrique de compression et amortisseur et sur l'arrière par barres de torsion et amortisseurs

Direction

- A crémaillère
- Transmission sur la roue avant par cardan
- Diamètre de braquage entre trottoir: environ 5 m.

Freinage

- Dispositif principal: frein à tambour à l'avant et à l'arrière commande hydraulique par la pédale et agissant sur les 3 roues
- Dispositif de stationnement: système mécanique agissant sur les roues arrière.
- Dispositif de ralentissement électrique par récupération d'énergie.

Chargeur

- Chargeur embarqué
- Recharge en 8 heures pour 80 % d'une batterie 120 Ah
- Prise de courant 220 V/20 A.

Batterie de traction

- Les batteries sont logées dans des caissons - inaltérables, lavables
- facilement accessibles pour vérifier le niveau de l'électrolyte.

Cabine

- Moulée en polyester stratifié fibres de verre
- Teintée (teinte à définir)
- 2 portes s'ouvrant de l'arrière vers l'avant
- 1 essuie-glace électrique
- 1 lave-glace manuel
- 1 ensemble clignotant
- 2 rétroviseurs extérieurs
- Désembuage provenant de la ventilation du moteur
- 1 tachymètre avec compteur kilométrique à 5 chiffres

- 1 commutateur marche avant, marche arrière, arrêt.
- 1 indicateur de décharge de la batterie
- 1 clé de contact avec blocage de direction
- 1 avertisseur

Eclairage et signalisation

- 2 feux de route
- 2 feux de croisement réglables
- 2 feux de position AV avec clignotants
- 2 feux arrière avec clignotants, dispositifs réfléchissants et stop.

Divers

- Emplacement des plaques et inscriptions réglementaires.

Réception

- Le véhicule sera livré avec certificat de conformité et un procès-verbal de réception du Service des Mines.

Équipement

- Plateau à ridelles
- Benne basculante
- Fourgon avec 2 portes arrière.

GARANTIE 1 AN

Pièces, main d'œuvre et déplacement

Le constructeur se réserve le droit de modifier les caractéristiques indiquées.

Construit pour Electricité de Strasbourg par la Société Nouvelle Carrosserie Carrier 61005 Alençon

élestra

Pour tous renseignements, adressez-vous à:

ELECTRICITE DE STRASBOURG B.P. 438/R7 - 1, rue du 22 Novembre 67007 Strasbourg Cédex Tél. (88) 20.90.50

LA PASSION SELON SCREG-ROUTES

8 - L'innovation

Notre écologie à nous, c'est d'avoir pensé que les déchets de thermoplastiques sont plus utiles recyclés dans la route.

L'innovation pour nous, c'est une passion.

... POUR CET ESSAI,
TU NOTES:
"ELASTICITÉ PLUS
QUE SATISFAISANTE!"

ÇA FERA
TOUJOURS ÇA DE
MOINS COMME
POLLUTION.

Si vous vous sentez la passion de diriger une entreprise ou un établissement en 5/8 ans, si vous êtes Ingénieur diplômé ENPC, MINES, ou d'autres écoles d'Ingénieurs T.P., écrivez ou téléphonez pour en savoir plus à SCREG ROUTES, Direction du Personnel, Immeuble Neuilly-Défense, 50 rue Arago 92817 Puteaux. Nous vous inviterons à une séance collective d'information. Tél : 775.68.88.



Les entreprises et le service public pourquoi l'affermage ?

par *Pierre FAISANDIER*,
Directeur Général à la Compagnie Générale des Eaux
Président du Syndicat Professionnel des Distributeurs d'Eau

Qu'est-ce que l'affermage ?

Au risque de faire injure aux lecteurs de la revue PCM — les plus anciens d'entre eux ont encore le cours Josse en mémoire — je me risquerai à donner la définition suivante de l'affermage : l'affermage est un contrat par lequel une collectivité locale confie à une entreprise la gestion d'un service public, les ouvrages nécessaires à ce service ayant été financés par la collectivité, et l'entreprise devant être rémunérée par perception d'un prix auprès des usagers du service.

Cette définition est certes un peu longue, mais elle fixe les limites juridiques de l'affermage et montre que celui-ci ne peut être étendu à n'importe quelle activité. Il faut, en particulier, que la rémunération du gestionnaire soit perçue directement par celui-ci auprès de l'usager.

Une ville ne peut affermer par exemple son éclairage public, car on voit mal quel péage pourrait être demandé à tout piéton ou automobiliste qui se risque à sortir après le coucher du soleil. Le stationnement en surface peut difficilement être affermé, car la tarification à appliquer, fonction de critères d'urbanisme et de circulation, est souvent sans grand rapport avec les dépenses du gestionnaire.

Dans ces derniers cas, on s'orientera donc plutôt vers d'autres formules de contrats, une sorte de gérance par exemple, les peines et soins du gérant lui étant payés directement par la ville par prélèvement sur les recettes collectées.

N'oublions pas non plus l'alter ego de l'affermage, c'est-à-dire la concession. L'intérêt de la concession est de drainer l'argent de l'épargnant (au travers du concessionnaire), pour financer les ouvrages publics. Si la collectivité cherche à mobiliser des ressources financières excédant ses possibilités d'emprunt, elle choisira la concession plutôt que l'affermage.

Responsabilité de la commune

L'eau et l'assainissement sont du ressort de la commune, que celle-ci soit isolée ou groupée avec ses voisines en syndicat ou communauté. Devant l'étendue croissante de leur champ d'action, les communes sont tentées de se décharger des soucis qu'engendre le fonctionnement quotidien de services de plus en plus complexes. La technicité croissante qui y est requise joue à coup sûr en faveur d'une délégation de gestion à une entreprise spécialisée.

On constate que la gestion déléguée prend fréquemment la forme de l'affermage. Il est facile d'en expliquer la raison.

Tout d'abord, les investissements principaux relatifs à l'eau potable sont déjà réalisés ; seuls restent à achever des ouvrages de complément — en quantité ou en qualité — qui ne justifient pas une concession intégrale : la collectivité qui souhaite renoncer à sa régie cherchera donc un fermier. En assainissement il reste certes beaucoup d'ouvrages à construire, mais les conditions particulières d'accès aux subventions et aux emprunts à des taux privilégiés constituent une incitation indirecte à l'affermage.

Le code des communes exige un équilibre financier de ces services ; c'est donc tout naturellement que l'on demandera au fermier de facturer à chaque usager sa rémunération pour le service rendu : nous retrouvons là une caractéristique essentielle de l'affermage.

Conséquence de la remarque précédente : les prix vont différer d'une collectivité à une autre, puisque les services rendus sont de coûts éminemment différents. Le souci d'égalité aidant, on voit surgir périodiquement l'idée d'une péréquation des prix, qui irait au-delà de la répartition du Fonds National des adductions d'eau rurales. A l'initiative du Ministre de l'Environnement la "Commission Jousseau" — du nom de son Président — a récemment déposé un rapport sur cette question : sa conclusion est qu'il est souhaitable d'améliorer certains aspects de l'organisation actuelle

pour éviter de trop grandes disparités, mais qu'une totale péréquation serait anti-économique et en opposition absolue avec les idées actuelles en matière de décentralisation.

Les cahiers des charges types

Il était une fois un pays où les maires n'avaient aucun pouvoir, et où leur signature était sans valeur, sauf si elle était suivie de celle du représentant de l'État : rappelons-nous, il n'y a pas si longtemps...

En ces temps-là, l'Administration toute puissante souhaitait encadrer très étroitement les possibilités, pour les communes, de passer des contrats, en particulier des contrats d'affermage. D'où l'invention des cahiers des charges types, publiés par décrets pris en Conseil d'État. Les communes devaient s'y conformer. Toute dérogation ne pouvait être autorisée que par le Ministre de l'Intérieur.

Le premier cahier des charges type paru en matière d'eau potable est celui de la concession, qui date de 1947. Son homologue pour l'affermage parut 4 ans après en 1951. Le mérite de ces textes, principalement du second, est d'avoir donné un cadre juridique sécurisant aux collectivités qui, pour des raisons techniques, économiques ou humaines, souhaitaient affermer leur service d'eau. L'essor de l'affermage au cours des années qui ont suivi a été considérable.

On s'est toutefois progressivement rendu compte que le cadre ainsi fixé présentait des lacunes et qu'il était nécessaire de procéder à une nouvelle rédaction. L'opération, qui nécessitait un travail en commun entre plusieurs ministères, les représentants des communes et la profession des entreprises spécialisées, fut longue. Amorcée dès 1972, elle s'est achevée par le décret du 17 mars 1980 qui a publié le nouveau cahier des charges type pour l'affermage du service d'eau potable.

Le service d'assainissement, autrefois parent pauvre, quelque peu ignoré, ne pou-

vait être laissé de côté puisque la généralisation de la redevance, postérieure à 1967, ouvrait la porte à l'affermage de ce service. Un travail identique a donc été entrepris pour aboutir à la publication d'un cahier des charges types pour l'affermage de l'assainissement, par décret du 16 octobre 1981.

Ces deux documents fort importants avaient, selon le code des communes, une double mission : d'une part servir de modèle à tous les contrats futurs, d'autre part ouvrir aux collectivités un droit à révision de leurs contrats en cours, pour toutes les clauses qu'elles estimeraient moins avantageuses que celles des nouveaux textes types.

Ces deux objectifs ont effectivement été respectés pendant deux ans, et à l'heure actuelle la plupart des contrats d'affermage d'eau potable ont été mis en conformité avec le cahier des charges types.

La loi de décentralisation

La loi de décentralisation a profondément modifié les règles du jeu. Les collectivités sont désormais libres de contracter, comme elles le veulent, sous réserve bien entendu du respect de certains principes généraux inscrits dans les lois. Les anciens cahiers des charges types sont devenus ipso facto "des modèles de cahiers des charges", que le Ministère de l'Intérieur propose aux collectivités au lieu de leur imposer.

Les entreprises spécialisées dans la gestion de ces services, groupées au sein du Syndicat professionnel des Distributeurs d'eau, ont néanmoins estimé qu'une certaine discipline était souhaitable, et décidé que les contrats d'affermage qu'elles proposeraient aux collectivités respecteraient les modèles. S'il y avait lieu sur tel ou tel point de s'en évader, ce serait seulement pour répondre à des demandes spécifiques des collectivités et moyennant des justifications précises.

Ainsi donc les modèles restent le cadre préférentiel des traités d'affermage, moins contraignants qu'autrefois mais appréciés pour leur définition claire des droits et obligations des parties contractantes.

Liberté et initiative

Pierre Richard, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, à l'époque Directeur Général des Collectivités locales au Ministère de l'Intérieur, et l'un des artisans efficaces des textes en question, disait : "L'économie française, dans son ensemble, est caractérisée par une relation équilibrée entre secteur public et secteur privé, relation dont l'affermage constitue, en quelque sorte, la synthèse. Il s'agit bien, en effet, d'un mode original de gestion, puisqu'il associe une entreprise privée, responsable de l'exploitation du réseau, à une collectivité publique

qui, elle, est responsable des investissements et de la conception d'ensemble de ce réseau.

S'agissant plus précisément du cahier des charges relatif à l'eau potable il ajoutait : "Le nouveau cahier des charges a été rédigé suivant trois idées-force : le partage des responsabilités entre les deux partenaires, le respect de la liberté des communes et la préservation de l'initiative privée".

Conçus au Ministère de l'Intérieur, passés au crible de plusieurs autres Ministères, soumis à de nombreux organismes compétents — dont le Conseil d'État — les modèles des cahiers des charges se ressentent parfois dans leur forme de cette filiation multiple. Leur lecture n'a rien d'une partie de plaisir facile... Mais on peut dire que tout est dit, et de façon relativement accessible à tout honnête homme : c'est déjà considérable.

On y retrouve évidemment les grands principes de l'affermage :

Tous les travaux neufs sont réalisés par la collectivité et à ses frais. Le fermier a toutefois un droit de regard, pour s'assurer de la qualité des ouvrages qui lui sont remis en gestion.

Le fermier doit assurer le bon fonctionnement du service : surveillance permanente, fournitures de tous ordres, entretien et réparations, facturation aux abonnés et encaissements, etc... Le renouvellement des équipements, des branchements et éventuellement des canalisations, est à sa charge.

Sa part dans le prix de l'eau est définie sous forme d'un tarif, le plus souvent à plusieurs termes : abonnement ou terme fixe plus terme proportionnel au volume consommé. A cette part s'ajoute la "surtaxe" qui revient à la collectivité pour lui permettre de faire face à ses charges d'investissements.

Les prix et la durée

Le point le plus délicat, en matière d'affermage, est à coup sûr la fixation du "juste prix" et son maintien dans le temps. La rémunération de l'entreprise doit lui permettre de faire face à ses dépenses, tout en l'incitant à améliorer sans cesse sa productivité. Les modèles de cahier des charges consacrent le dispositif élaboré au cours des dernières décennies, qui prévoit une évolution garantie à court terme et une "remise à jour" périodique.

Partant de prix dits de base justifiés par un compte d'exploitation prévisionnel, on s'ajuste à l'érosion monétaire grâce à une formule de variation, où un invariant, généralement fixé à 10 %, donne la mesure du sacrifice demandé au fermier. Mais cette formule ne peut jouer indéfiniment : au moins tous les 5 ans — et plus fréquemment suivant certaines échéances contractuellement définies — les parties ont droit à une rediscussion complète des prix de base.

Cette discussion prend en compte toutes les données qui caractérisent l'évolution du service depuis la dernière fixation des prix. Elle est notamment éclairée par un compte d'exploitation annuel, que doit fournir obligatoirement le fermier.

La durée des traités d'affermage a été fixée à 12 ans, alors que les anciens textes portaient 10 ans. Ce modeste allongement a d'ailleurs été l'objet de nombreuses controverses. Certains estimaient en effet souhaitable que des contrats courts permettent une fréquente remise en concurrence. D'autres au contraire — les techniciens surtout — ont estimé qu'un bon service public exigeait une certaine continuité, et qu'on ne pouvait installer un fermier "à la sauvette" sous le prétexte de faire quelques économies qui, à l'usage, s'avèreraient illusoires.

La durée finalement retenue paraît courte aux professionnels. Elle leur permet néanmoins d'accomplir un travail en profondeur, dont ils espèrent bien recueillir les fruits sous forme d'un renouvellement du bail.

Service public et entreprises

Comment conclure une histoire qui commence ?

L'affermage a certes le handicap d'une dénomination désuète. La France a ses traditions linguistiques !

Mais ce type de contrat, sans exclure d'autres formules, est une synthèse efficace — une interface, comme disent les informaticiens — entre les exigences du service public et la souplesse de l'entreprise. En matière d'eau et d'assainissement il est un recours toujours possible pour les maires aux prises avec des difficultés techniques de plus en plus ardues.

Les modalités de coopération entre les collectivités locales et les entreprises se sont développées en se déplaçant sensiblement, au cours des années ou des décennies, dans le sens d'une plus grande spécificité d'intervention des entreprises et d'une meilleure définition des obligations respectives des parties.

Au plan de l'efficacité, constatons que le système de distribution d'eau français donne, d'après les sondages, une très grande satisfaction au public ; constatons aussi qu'il a relativement bien résisté à un certain nombre de secousses brutales : sécheresse, pointes de demande exceptionnelles, déficiences d'alimentation en électricité...

Notre technique française nous paraît meilleure que celle de beaucoup de nations étrangères, notamment outre-Atlantique. L'émulation qui existe entre les divers acteurs publics et privés et la place laissée aux entreprises spécialisées, y sont certainement pour beaucoup. Ces dernières sont à coup sûr des auxiliaires efficaces de la décentralisation, et jouent simultanément un rôle international fort utile au pays.

EXEMPLE D'EXPORTATION DE TECHNIQUE

La station de Vitoria au Pays Basque espagnol

par André TICHIT, Ingénieur E. T. P.
Direction des filiales étrangères Degrémont

A nos portes l'Espagne s'efforce de recoller au peloton des pays européens au prix d'investissements industriels ou équipements publics dont nous méconnaissons souvent l'ampleur. C'est en particulier le cas en matière d'assainissement.

Depuis six à sept ans, l'Espagne a fourni un gros effort pour s'équiper en moyens de lutte contre la pollution des eaux, surtout d'origine urbaine. Le peu de réalisations antérieures a obligé les autorités espagnoles à avoir recours à des techniques extérieures principalement européennes, par l'intermédiaire de sociétés espagnoles, filiales ou licenciées de sociétés étrangères.

Le programme lancé est ambitieux et a déjà abouti à des installations en service ou sur le point de l'être, telles que : Santiago de Compostelle, Séville, Reus, Valence, Bénidorm, Salamanca, Burgos, Vitoria, etc... Une mention particulière doit être faite de l'effort considérable, remarquable au niveau mondial, de la ville de Madrid. Celle-ci a lancé les concours de la quasi-totalité des travaux qui doivent permettre entre 1982 et 1985 de passer d'un traitement quasi inexistant à celui complet de la totalité des effluents de la ville. En aval des très importants collecteurs complémentaires, le traitement sera assuré dans six installations d'une capacité totale de 4 millions d'habitants. Le montant de l'opération est de l'ordre de 30 milliards de pesetas (environ 1,5 milliard de FF).

La France, toute proche, se devait d'être à ce rendez-vous pour l'amélioration des conditions d'environnement, par l'apport de sa technique, dont bien des réalisations ont conquis une renommée internationale. Il suffit d'indiquer ici Achères, bientôt complétée par Valenton, dont M. Fauveau nous a entretenus dans les colonnes du n° 11 de la revue.

Les Sociétés Degrémont France et Degrémont Espagne sa filiale ont étroitement collaboré pour prendre en charge une part importante de ces programmes ambitieux d'amélioration de l'environnement.

Plutôt que d'énumérer les différentes réalisations, nous avons préféré présenter plus complètement une installation de dimensions moyennes, celle de la ville de Vitoria au pays basque espagnol.

La démarche suivie dans la conception et la réalisation est typique des relations de

Degrémont France avec ses filiales de pays développés, que ce soit en Europe ou en Amérique :

— la Société Mère transfère à sa jeune filiale son savoir-faire sur le procédé. Le plus souvent, ce savoir-faire s'est élaboré au long des nombreuses réalisations effectuées en France ou dans des pays qui ont mené de longue date une politique active de protection de l'environnement (Belgique, Suisse, Allemagne, Suède, USA...); mais le savoir technique du groupe est aussi celui de ses chercheurs qui sans cesse améliorent les process ou en recherchent de nouveaux, soit au centre de recherches implanté à Colombes, soit sur des pilotes disséminés par le monde. Le transfert de technique consiste principalement en formation d'ingénieurs de la filiale au sein de la maison mère, transmission du savoir de la société condensé dans ses documents techniques, assistance à la conception puis à la mise en route des premiers projets de la filiale.

De son côté, la filiale a la pleine responsabilité de son action commerciale et de ses associations avec d'autres entreprises pour des réalisations clé en mains. Elle fait localement la plus grande partie de l'équipement y compris les appareils spécialisés propres aux métiers de l'eau, à partir de plans généraux fournis par la Société Mère.

Il faut cependant mentionner qu'à côté de cette démarche caractéristique des pays développés et illustrée par les réalisations de grandes stations comme Genève, Bologne, Milan, Sao Paulo, il en est une autre valable dans les pays dont les possibilités industrielles propres sont moindres ou dont la taille du marché n'a pas justifié la création d'une filiale nationale; la société Degrémont intervient alors directement comme exportateur d'équipements et comme ensemblier pour des réalisations clé en mains, en association avec des civilistes locaux ou internationaux, selon la taille des ouvrages. Les stations de Baghdad-Kerkh, Lagos-Ipaja, Sarajevo et dans un proche avenir Taif en Arabie, sont autant d'exemples de cette démarche d'exportation directe d'équipements.

Yves COUSQUER,
Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées
Directeur Réalisations et Travaux
de Degrémont

La Ville de Vitoria, capitale de la province basque de l'Alava, a une population de 200 000 habitants. Un ancien statut politique d'autonomie (Los Fueros), une agriculture riche et variée (vins de Rioja), une industrie nouvelle importante très diversifiée, ont fait de l'Alava une des provinces les plus dynamiques d'Espagne.

La Ville de Vitoria a eu ces dernières années un taux de croissance exceptionnellement élevé.

Devant les problèmes posés par la mauvaise qualité du Rio Zadorra, il a été décidé de construire une station d'épuration. Un appel d'offres a été lancé, par concours pour l'étude et la réalisation, clé en main. Il a abouti en juin 1979 à la signature d'un contrat confiant aux sociétés Degrémont S.A.E. et Construcciones y Contratas, respectivement, les travaux d'équipement et de génie civil de l'installation.

L'adjonction des eaux industrielles porte l'estimation de la pollution issue de la cité à environ 350 000 équivalents-habitants.

Le traitement des eaux de cette première étape est prévu pour pouvoir être porté dans le futur d'une capacité de 350 000 à 420 000 équivalents-habitants. Par contre, le traitement des boues est construit dès cette époque pour la charge future.

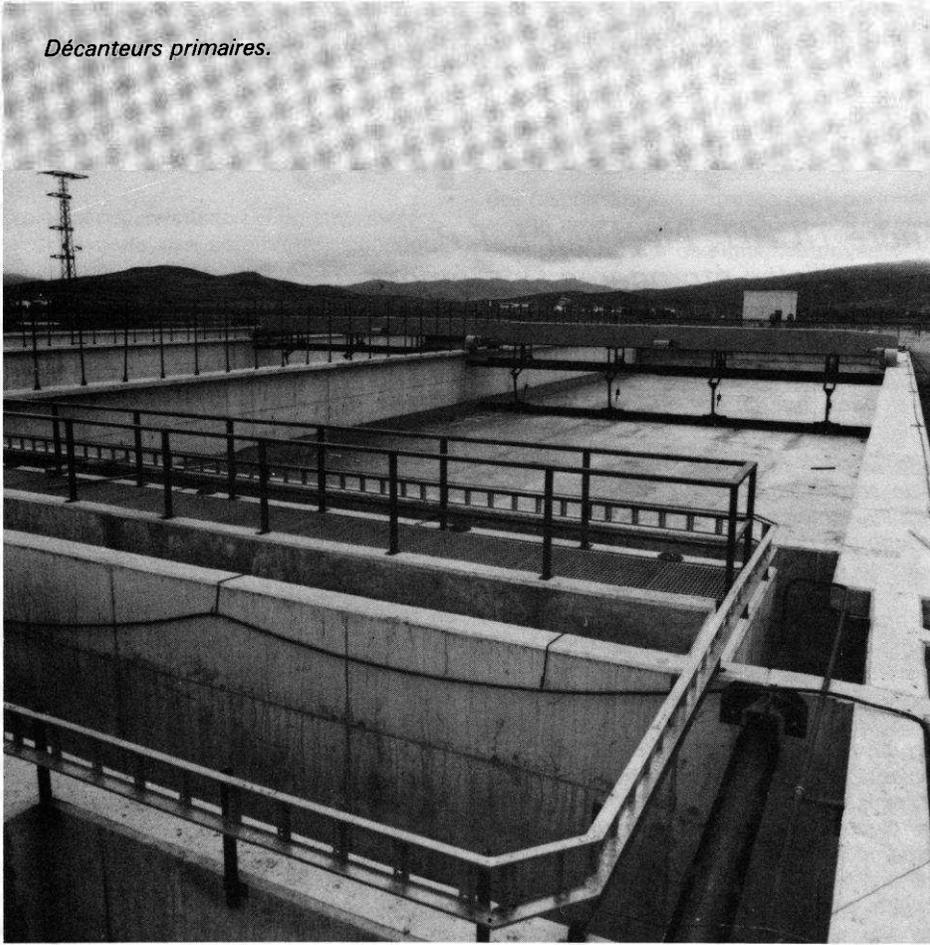
Financement - Maître d'œuvre

Le financement est assuré par le Ministère des Travaux Publics pour 35 %, et le complément par la Municipalité de Vitoria.

La Confédération Hydraulique de l'Ebro est Maître d'œuvre; les confédérations hydrographiques dépendent du Ministère des Travaux Publics; elles ont en charge les travaux hydrauliques financés par l'Etat, même lorsque la participation financière de ce dernier est minoritaire. Ces travaux comprennent les ouvrages d'adduction et de traitement d'eau potable, d'assainissement et d'épuration des eaux usées, de régulation des cours d'eau.

En valeur début 1983, les dépenses totales

Décanteurs primaires.



celui des boues, la ligne générale de traitement est classique :

- prétraitement
- décantation primaire
- traitement biologique par boues activées
- épaissement et digestion anaérobie des boues
- déshydratation par filtres à bande.

La totalité des procédés et équipements est identique à ceux qui auraient été mis en œuvre dans une installation française.

Par contre, l'épaissement des boues activées par flottation a été utilisé à Vitoria, après une longue expérience à Genève et a précédé les installations réalisées en France. Le transfert de technologie ne signifie donc pas toujours que cette dernière a déjà reçu une application dans le propre pays de la société qui le développe. Dans le cas présent, Suisse puis Espagne ont précédé la France.

• **Pompage et prétraitement**

Les eaux usées en tête de station sont relevées par trois vis d'Archimède d'un débit unitaire de 4 375 m³/h.

Le prétraitement est assuré successivement par des pré-grilles à espacement de 50 mm, des grilles fixes de 15 mm et des dessableurs aérés. L'ensemble est articulé en 3 lignes indépendantes (une quatrième pour le futur).

Le sable recueilli est lavé et essoré par un séparateur à bras oscillants.

ont été de 1,4 milliard de pesetas, soit environ 70 millions de francs. La répartition est à peu près égale entre équipement et génie civil.

Calendrier

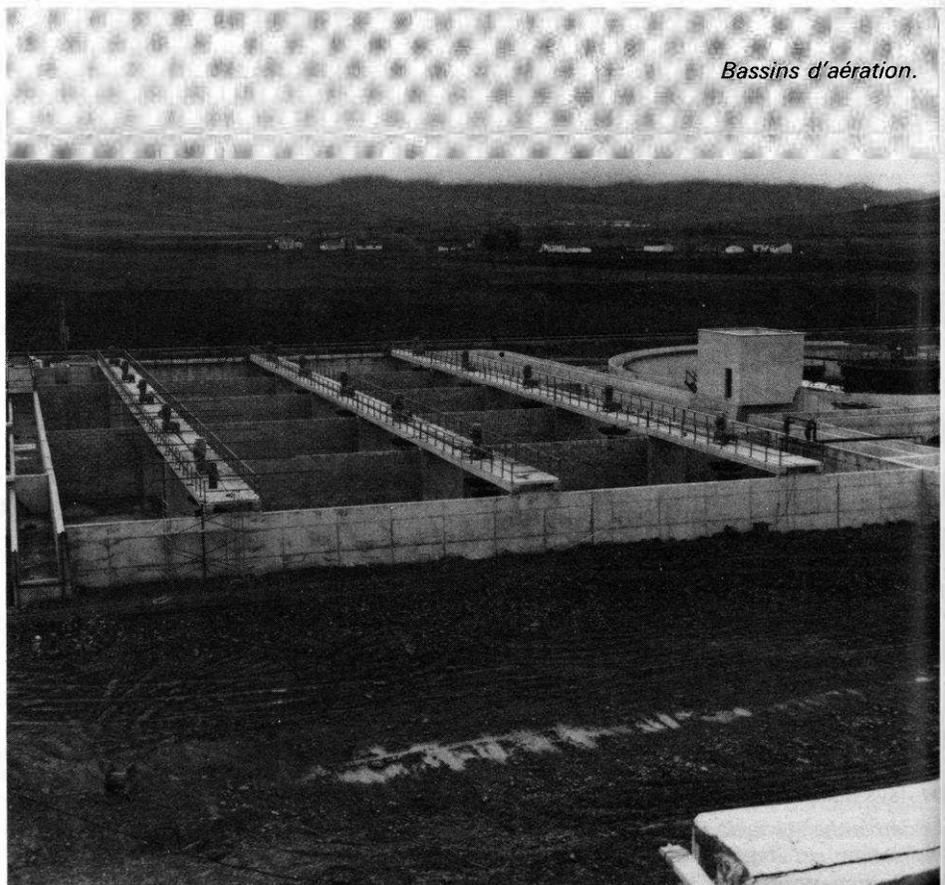
En janvier 1983, la station est entièrement terminée, sauf les aménagements extérieurs à entreprendre après la mise en route. Cette dernière doit s'échelonner pendant le premier semestre 1983, au fur et à mesure de l'avancement du tronçon aval du collecteur général.

Caractéristiques générales de la première étape :

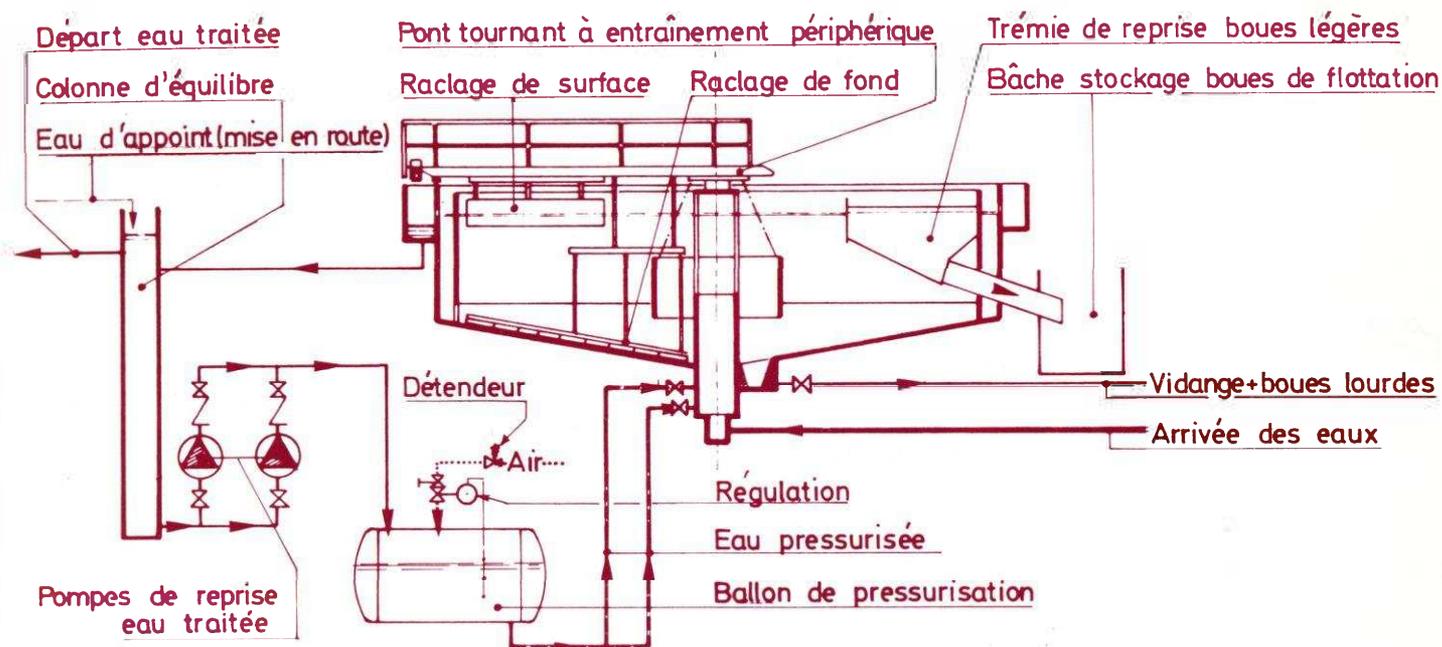
- population desservie y compris équivalents-industriels 350 000 hab.
- débits :
 - journalier 105 000 m³
 - moyen horaire 4 375 m³/h
 - maximum en épuration physique 13 125 m³/h
 - maximum en épuration biologique 9 626 m³/h
- qualité prévue de l'eau épurée
 - DBO5 : 30 mg/1
 - M.S. : 35 mg/1

Tant pour le traitement des eaux que pour

Bassins d'aération.



FLOTTATEUR type Sédiflotazur



• Décantation primaire

Elle est réalisée dans trois ouvrages rectangulaires de 60 m de longueur et de 20 m de largeur.

Les boues recueillies sont pompées vers l'épaisseur à une faible concentration, de l'ordre de 10 g/l.

• Epuration biologique

L'eau décantée et les boues activées recirculées sont admises en tête d'un bassin d'aération d'un volume de 12 300 m³ équipé de 15 aérateurs de surface Actirotor d'une puissance unitaire de 60 kw.

La décantation secondaire est assurée par trois ouvrages circulaires de 52 m de diamètre, équipés de ponts diamétraux à suction, et à entraînement central.

La recirculation des boues est assurée par quatre pompes verticales d'un débit unitaire de 600 l/s.

La désinfection de l'eau épurée est réalisée par injection de chlore gazeux en tête d'un bassin de contact de 2 500 m³ assurant un temps de contact d'environ 15 minutes au débit maximum.

• Epaissement des boues

Cette installation est la première en Espagne à être équipée d'un épaissement séparé des boues par :

- épaisseur statique pour les boues primaires
- flottateur à air dissous pour les boues en excès.

L'épaisseur, d'un diamètre de 20 m, permettra d'atteindre une concentration des boues primaires de 70 g/l.

Le flottateur, d'un diamètre de 12 m est

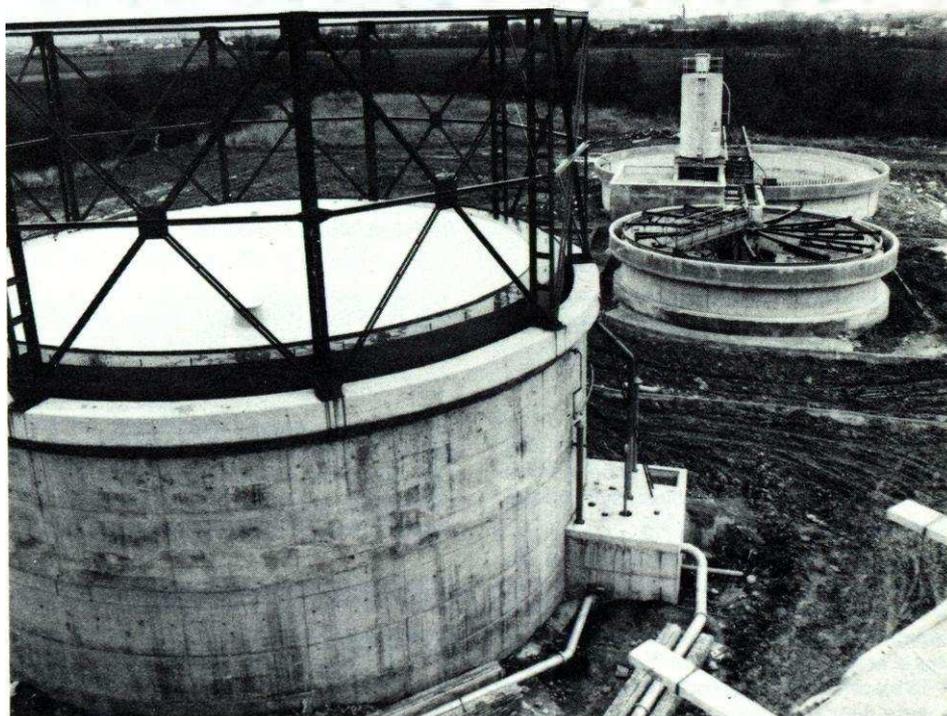
prévu pour épaisser les boues en excès à une concentration de 40 g/l. En cas de besoin exceptionnel, une floculation par polymères permettra, à la fois, d'augmenter notablement la capacité massique de l'appareil et la concentration de sortie de environ 50 g/l.

L'épaulement statique consiste à laisser séjourner les boues à épaisser dans un ouvrage analogue à un décanteur primaire,

Gazomètre, flottateur et épaisseur.

pendant un temps pouvant varier de 1 à 3 jours : les boues s'accumulent et s'épaissent ; le surnageant relativement clair, est pompé en amont de l'installation.

La flottation procède d'un phénomène inverse : on produit dans les boues à épaisser une grande quantité de microbulles, ces dernières se fixent sur les particules qui, devenant plus légères, montent et flottent en surface.



Les microbulles sont produites par détente d'eau pressurisée préalablement saturée d'air.

Les boues primaires décantent et s'épaississent relativement bien et relèvent donc de l'épaississement statique ; peu fermentescibles, le temps de séjour relativement élevé n'est pas un handicap.

Les boues activées en excès relativement légères s'épaississent mal par gravité et relativement bien par flottation ; très fermentescibles, elles ne subissent aucune dégradation en flottation du fait, d'une part du temps de séjour très court des boues, et d'autre part de l'excellente oxygénation du milieu liquide.

• Digestion des boues

La digestion anaérobie des boues est réalisée dans deux digesteurs primaires de 5 000 m³ de capacité et un secondaire de 3 600 m³.

L'agitation de la masse de boues est assurée par une injection de gaz comprimé, diffusé au fond et au centre des ouvrages primaires.

Le réchauffage des boues permet de maintenir la température interne à 35°C ; il est assuré par des échangeurs à tubes concentriques, à contre-courant, alimentés en eau chaude à 70°C. Cette dernière est fournie par deux chaudières alimentées en gaz de digestion, avec un brûleur alimenté en mazout pour le démarrage.

Le gaz de digestion est stocké dans un gazomètre de 2 000 m³ de capacité ; même par basses températures, la production de gaz est excédentaire, et le surplus est brûlé dans des torchères automatisées. Il est possible bien entendu, à tout moment, de compléter cette installation par l'adjonction d'un ou plusieurs moteurs thermiques permettant la production d'énergie électrique et d'eau chaude pour les échangeurs. Dans ce cas, la production de gaz couvrirait environ 60 % de la consommation.

• Déshydratation des boues

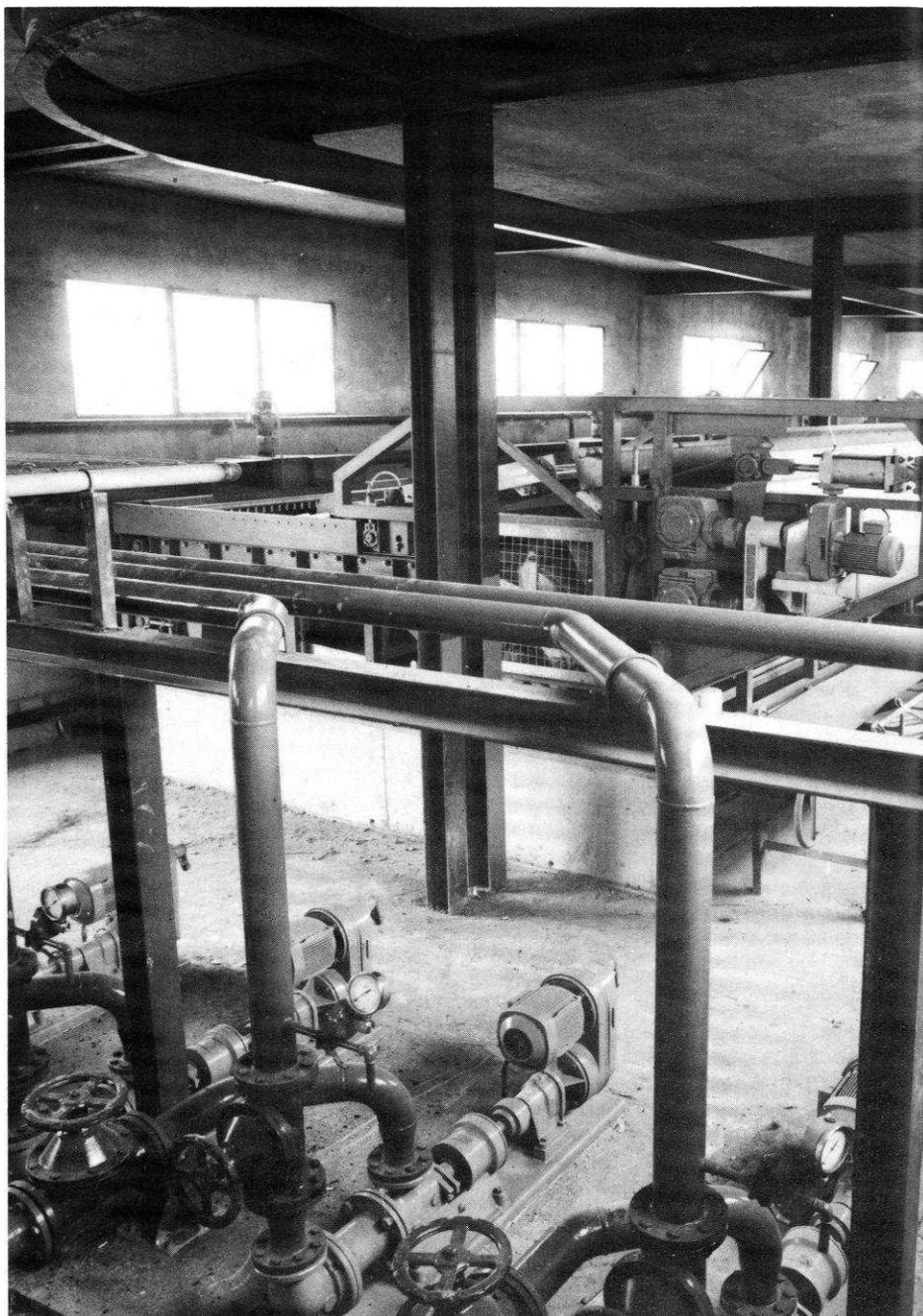
Elle est réalisée par 5 filtres à bande Pressdeg, de 3 m de largeur. La siccité prévue est de 20 à 25 %. La floculation est assurée par polymères de synthèse.

Les boues déshydratées seront chargées sur conteneur et de là, transportées en décharge, ou pour utilisation agricole.

• Contrôles et automatismes

Les automatismes sont réalisés dans des armoires locales. Les indications de marche sont centralisées sur un tableau synoptique général.

L'installation comprend les appareils de mesure nécessaires au contrôle et aux automatismes. Outre les mesures de débits d'eau, de gaz, des mesures de concentration d'oxygène permettent l'automatisme de la marche des aérateurs de surface, une mesure de concentration de boues activées



Filtres à bande Pressdeg.

dans le bassin d'aération assure l'automatisme de la purge des boues en excès.

• Services annexes

La station comprend également un bâtiment d'exploitation avec bureaux, laboratoire, salle de réunions. Un second bâtiment abrite un atelier d'entretien avec son magasin de pièces de rechange.

Conclusion

L'installation de traitement des eaux rési-

duaires de Vitoria a été réalisée à partir d'une technique 100 % française, mais pratiquement sans importation de matériel étranger, français ou autres, si ce n'est quelques composants de relativement faible valeur.

En effet, de fortes barrières douanières ont obligé Degrémont Espagne à avoir recours à des constructions locales, en sous-traitance, suivant sa technique et sous son contrôle, même pour des matériels relativement élaborés, comme les filtres à bande Pressdeg par exemple.

L'eau : un nouveau métier

par Daniel CAILLE
Directeur d'Anjou-Recherche
à la Compagnie Générale des Eaux
Directeur Adjoint du Cergrene à l'ENPC

"Celui qui s'est levé avant le jour pour curer les fontaines, et c'est la fin des grandes épidémies..."

"Celui qui a la charge en temps d'invasion, du régime des eaux et fait visite aux grands bassins filtrants lassés des noces d'éphémères... Ceux-là sont princes de l'exil et n'ont que faire de mon chant"

(Saint John Perse)

L'organisation de l'eau en France dont les bases datent déjà de près de 20 ans, est un puzzle où s'allient le pragmatisme, ce qui n'est pas si fréquent, la décentralisation ce qui devient une vertu, la concertation ce qui est une nécessité de l'amont à l'aval du cours d'eau, et l'efficacité grâce notamment aux circuits de financements courts mis en place par les organismes de bassin et le réel effet multiplicateur des investissements ainsi coordonnés.

Après avoir rempli 7 ans différentes missions à l'Agence de Bassin Seine Normandie depuis la programmation jusqu'à la gestion financière en passant par la coordination technique et même la recherche, il m'a semblé judicieux d'aller travailler au sein d'une entreprise spécialisée de distribution d'eau, entourée de ses entrepreneurs et de ses industries pour y apprendre ce qui me manquait jusqu'alors : la maîtrise des techniques mises en œuvre, ce qu'on appelle le métier selon un mot qui redevient de rigueur.

A première vue, on pouvait s'attendre à trouver des dispositions d'esprit qui caractérisent le métier :

- la modestie à l'image de l'attitude à respecter devant les lentes épurations mises en œuvre dans les bassins de filtration,
- la référence permanente de l'expérimentation nécessaire à un homme du terrain traitant une matière première de qualité fluctuante et difficilement prévisible,
- le souci du temps à l'échelle des transformations des communes desservies et du sens de l'histoire devant cet héritage complexe où se succèdent des objectifs, des techniques, des exigences fluctuantes.

En y regardant de près, en se frottant aux techniques, en dénichant un peu de ce savoir faire à tous les échelons où il se cache, le métier de l'eau me semble traversé par deux profondes évolutions complémentaires, qui sont en train de façonner un nouveau profil d'ingénieur qui surprendra par ses compétences :

— La première d'ordre interne est le recours à une surprenante diversité de technologies de pointe.

— la deuxième évolution d'ordre externe est le rapprochement avec d'autres métiers voisins comme l'énergie thermique, la récupération et la valorisation des déchets, les activités para-agricoles ou paramédicales, l'aménagement urbain, etc...

Ce sont ces deux ouvertures que j'aimerais éclairer de quelques exemples forcément très succincts.

1 - L'eau à la française : un creuset pour les techniques et une mission d'ensemblier

En plus des exigences croissantes de qualité et de fiabilité demandées par le consommateur tant pour l'alimentation en eau que pour l'assainissement, les trois principales règles du jeu françaises qui ont élevé le degré de performance des techniques sont sans doute :

— La politique d'objectif de qualité de la ressource en eau qui individualise paramètre par paramètre les efforts à faire.

— La bien "meilleure" vérité des prix du système français qui rend bien compte l'usager comptable des 3 volets du cycle de l'eau : sa mise à disposition, son retour au milieu, sa gestion.

— Les contraintes de la compétition et la règle du concours qui est un aiguillon pour l'innovation.

Au niveau des procédés mis en œuvre, cela entraîne un étroit chevauchement des techniques où s'aiguisent des approches scientifiques très différentes dans le respect d'un équilibre de composition où s'inscrit le savoir faire.

Eau potable : l'infiniment petit et la diversité des méthodes

La volonté d'affiner le traitement de l'eau potable pour éliminer des molécules solubles de l'ordre du nanomètre (charbon actif), de tenir compte des sous-produits de la stérilisation (remplacement du chlore par l'ozone), de maîtriser l'évolution de la matière organique, voire de l'azote organique au cours du traitement (couplage préozonation-charbon actif) ont progressivement bouleversé l'armature traditionnelle du traitement qui tournait autour de procédés physico-chimiques de coagulation floculation et de coagulation par décantation et filtration.

Les procédés biologiques ont ainsi maintenant reconquis droit de cité et l'on voit apparaître de subtiles combinaisons de traitement, de couplage où les mêmes outils n'ont plus la même efficacité ni les mêmes règles d'interprétation scientifique.

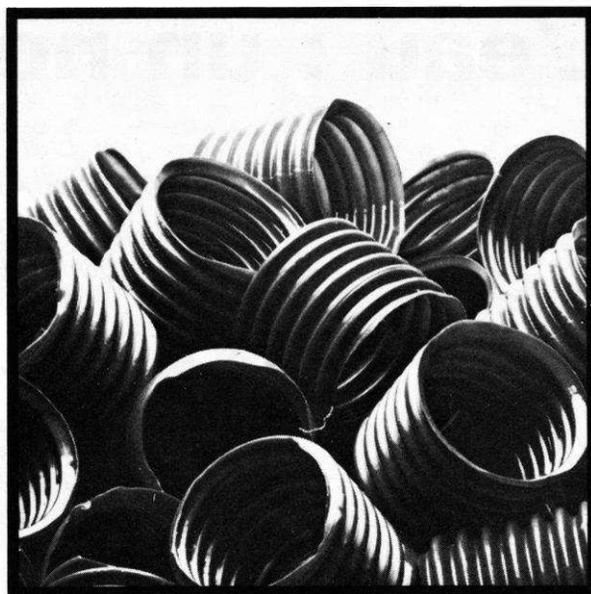
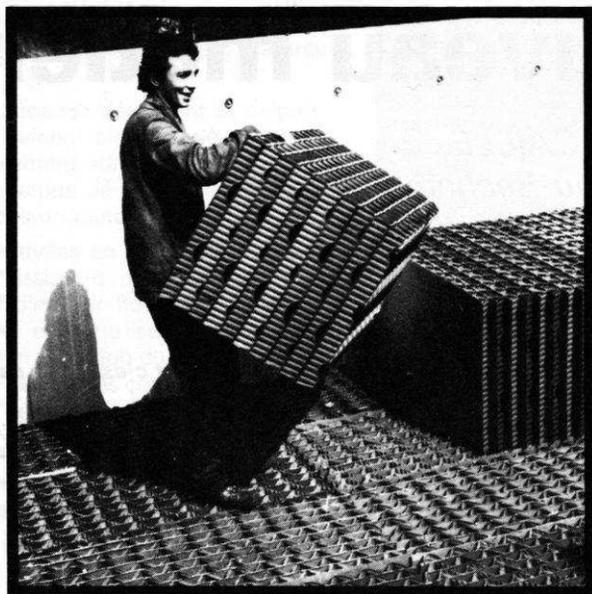
Quelques exemples :

— La préozonation en tête du traitement transforme bon nombre de matières organiques et accroît les possibilités ultérieures d'élimination biologique sélective.

— Pour accroître l'efficacité du charbon actif il faut sans aucun doute accroître à la fois les porosités et faciliter les accrochages bactériens.

— L'ozone a vu son "spectre" d'action s'élargir : d'une action simplement bactéricide à une action bactériologique globale et virulicide. Qui peut prétendre savoir si les améliorations technologiques viendront d'une meilleure maîtrise des décharges électriques, d'une amélioration de la thermodynamique du gaz, ou de nouveaux matériaux ?

Biofiltres Flocor*



Dans le domaine du traitement biologique aérobie des eaux résiduaires les biofiltres à garnissage plastique connaissent un succès croissant, qu'ils doivent à leurs qualités fondamentales :

- très faible consommation énergétique,
- faible surface au sol et fondations légères,
- rendement volumique élevé,
- absence de risque de colmatage,
- fonctionnement silencieux.

Le FLOCOR connaît une grande diffusion, qu'il doit à ses qualités intrinsèques :

- grande stabilité permettant des tours jusqu'à 7,20 m,
- grande compacité de transport pour le FLOCOR E (le matériau étant expédié non assemblé : soit 0,1 m³ par m³ de matériau),
- assemblage et montage aisés.

Le matériau FLOCOR existe sous deux formes

Type	Forme	Dimensions	Surface spécifique	% vide
FLOCOR E	Modules	0,60 x 0,60 x 1,20 m	92 m ² /m ³	97%
FLOCOR R	En vrac	anneaux 25 x 34 mm	230 m ² /m ³	95%

Le FLOCOR E est constitué de modules formés de plaques de PVC alternativement planes et gaufrées permettant un mouillage parfait de la surface.

Le FLOCOR R est constitué d'anneaux en PVC ondulé ayant une grande résistance mécanique pour un faible poids (0,25 mm d'épaisseur de paroi).

Utilisation

Le FLOCOR E est généralement utilisé en traitement à très forte charge volumique (2 à 4 kg DBO₅/m³/jour) avec des rendements d'épuration de 50 à 80%.

Pour obtenir des rendements supérieurs et notamment pour descendre à de très basses valeurs de rejet (20 à 30 mg/l de DBO₅), on peut soit faire suivre le biofiltre de FLOCOR E par un bassin à boues activées dont le volume sera considérablement réduit, soit utiliser en 2^e étage un biofiltre FLOCOR R travaillant à des charges volumiques plus faibles 0,6 à 1,2 kg DBO₅/m³/jour, mais permettant une épuration jusqu'à plus de 90% sur la pollution résiduelle. Plus de 1.000 références dans le monde et dans tous les domaines.



Systemes

1, rue des Hérons - Montigny-Le-Bretonneux - 78184 Saint-Quentin-en-Yvelines Cedex
Téléphone : (3) 058.60.00 - Télex : 698316 F

* FLOCOR® : Licence ICI/SMOGLISS

— Les procédés de transformation de la minéralogie de l'eau (déméralisation, désalement, adoucissement) sont actuellement répartis entre des techniques différentes : osmose inverse, échange d'ions, ultrafiltration, électrolyse. Là aussi le spectre champ d'action s'ouvre : qui peut savoir maintenant quelle va être la place pour chacun ?

Eaux usées : les perfectionnements du dressage bactérien ou les limites de la sophistication

Trois axes principaux d'évolution se dégagent :

L'affinage du traitement. L'élimination de l'azote, des nitrates, des phosphates impose de mieux utiliser les différentes populations bactériennes en limitant par exemple les taux de croissance de certaines, en intensifiant d'autres, et en organisant des conditions de carence énergétique pour les dernières. Mais ce qu'on gagne en performance, on le perd en souplesse et il faut mettre alors en place des mécanismes de régulation poussés.

La prise en compte de l'énergie. Sans changer de filière de traitement, on joue là aussi sur la régulation. Mais si les techniques de base elles-mêmes changent peu, la fermentation anaérobie ou méthanisation qui conjugue la dépollution, la production de biogaz et un bon amendement reprend ainsi progressivement ses droits et son rang.

L'intensification des phénomènes. Il s'agit de pouvoir faire face au manque de place des stations d'épuration en milieu urbain, et la nécessité de disposer d'un outil commode de modernisation et de complément de traitement des stations existantes. En outre il faut accélérer des bactéries anaérobies qu'on peut appeler "fatiguées" : c'est l'adoption de la biofixation ou le passage pour la bactérie de l'état nomade à l'état sédentaire. On lui procure le gîte, la nourriture par la recirculation de l'eau polluée et l'énergie par l'oxygénation. On sent bien que cette bactérie travaille dans de meilleures conditions. Encore faut-il maîtriser correctement les transferts de masse ou de gaz et la séparation solide-liquide.

Boues : le royaume de l'expérimentation

A la façon biologique, on stabilise par fermentation anaérobie ou aérobie. On

conditionne soit à la façon chimique (chloration ferrique) soit à la façon thermique à 160-200 ° C, ce qui devient trop cher... Et puis surtout on centrifuge, puis on presse en consommant le moins d'énergie possible, de toutes les manières : filtres-presses, filtres à bandes, filtration sous vide etc...

C'est donc le royaume de l'expérimentation. On y voit toutes les techniques. Il n'y a pas de bonnes idées toutes faites. Il n'y a que celles qui tiennent le choc de la réalisation et de la durée.

Au cours du développement de toutes ces techniques, on retrouve le même effet de taille, on redécouvre des difficultés que l'on n'avait pas rencontrées jusqu'alors. Dans ce domaine plus qu'ailleurs, la règle est de respecter scrupuleusement les étapes.

Réseaux de distribution et d'assainissement : de l'électronique à l'astuce

Les réseaux de distribution d'eau potable et les réseaux d'assainissement sont conquis progressivement par l'automatisme, la télécommunication et l'informatique industrielle. Peu à peu les exigences de sécurité, de fiabilité d'optimisation des investissements puis des économies d'énergie ont suscité l'enchevêtrement des microprocesseurs, des lignes spécialisées, commutées ou radiotéléphoniques et des logiciels de commande de plus en plus performants. C'est un autre métier d'ensemblier sur un vaste champ d'expérience de plusieurs dizaines de milliers de km auquel on a à faire, avec son cortège des produits logiciels à définir et son savoir-faire se cristallisant autour d'objectifs de plus en plus ambitieux : détection de ruptures, optimisation du pompage, gestion technique en temps réel.

L'acoustique a maintenant trouvé son point d'application dans la localisation des fuites par écoute de la propagation d'ondes vibratoires le long de la conduite : c'est une évolution qui aura des suites...

L'archivage technique des réseaux va laisser progressivement place à la cartographie informatique. On retrouve là un champ d'expérience pour la DAO française dont se servira peut-être demain la cartographie de VRD et la cartographie urbaine toute entière.

L'astuce c'est l'art d'inspecter les réseaux par passage d'une caméra de télévision sur roulettes, voire sur ski ce qui permet de mesurer les pentes, ou de mettre au point des procédés de réhabilitation des réseaux de l'intérieur par chemisage etc...

La prouesse, c'est de descendre cette même caméra de télévision dans un forage artésien à Neuilly-sur-Seine à 590 m et 59 bars de pression, de faire une usine de pompage des eaux du Lez pour Montpellier à 40 m sous le sol, etc...

Instrumentation de contrôle : électrodes et anticorps

L'instrumentation de contrôle de la qualité des eaux est un petit marché qui nécessite de la part des Entreprises de Distribution d'eau un gros effort de recherche - développement pour mettre au point des outils adaptés. Après les méthodes basées sur la colorimétrie, on a vu se développer les méthodes utilisant les électrodes spécifiques. Les recherches en cours s'orientent vers les méthodes vers l'application des anticorps monoclonaux ou des électrodes à enzymes qui nous viennent de la recherche médicale.

2 - L'intégration amont et aval du métier de l'eau : le rapprochement avec d'autres métiers

Ce sont des préoccupations amont (garantie d'approvisionnement, économie d'énergie, économie de matières) et des préoccupations aval (devenir des sous-produits valorisables, soit en énergie thermique, soit en agriculture) qui ont jeté les ponts techniques vers d'autres secteurs d'activité.

Ce n'est pas le même savoir-faire, mais cela n'en est pas si loin : c'est en fait l'optique qui change. La dimension économique en fonction des débouchés des secteurs considérés est prise en compte.

1° L'eau et la valorisation industrielle des déchets

De l'eau pure à l'eau usée jusqu'aux boues de stations : dans le processus ce n'est finalement que la matière solide qui prend de l'importance par rapport à la phase liquide.

Appliquée au monde industriel, cette même matière commence à avoir un prix. Elle se récupère et se recycle. On améliore toujours la séparation des phases solide, liquide, gazeuse, qui est le principe de base du traitement de l'eau.

Cette logique débouche sur la réalisation industrielle de centres de traitement de déchets qui sont une sorte d'usine de raffinage, comme le Centre de Sandouville dans la Basse Seine.

2° L'eau et la valorisation agricole des déchets

Les boues de station d'épuration d'eaux usées ou des usines d'ordures ménagères peuvent être utilisées à des fins agricoles.

Le déficit de plus en plus criant en matières organiques de l'agriculture et le stock important de matières organiques détenu dans les stations ont incité à mettre en forme, à composter, à déshydrater, à conditionner cette nouvelle matière première pour lui donner un label de qualité, qu'il s'agisse d'amendement organique ou de terreau.

Quelques brillantes réalisations techniques sont déjà à signaler : les BAV de Nantes Sud et Nord et le BAV de Soissons. L'injection de ces produits dans les circuits permanents de commercialisation va bientôt institutionnaliser cette diversification qui permet une meilleure intégration de la chaîne de traitement-valorisation.

3° L'eau et l'énergie thermique

Là encore, c'est la nécessaire utilisation des stocks de déchets ou de biomasse disponible et l'indispensable diversification des sources d'énergie pour les réseaux de chauffage urbain qui ont jeté des ponts entre l'eau et l'énergie :

— Incinération des ordures ménagères avec récupération de chaleur (ex. Le Mans, Nice, Gerland).

— La méthanisation des ordures ménagères et des boues de stations d'épuration (développé par l'entreprise Valorga). Les utilisations du biogaz sont multiples : chauffage, combustible pour camion et voiture, appoint pour le réseau de Gaz de France.

— Le stockage d'eau chaude et l'expérience pilote du Lycée de la Plaine de l'Ain par l'entreprise Bonna.

Les mêmes outils d'automatisme et d'informatique sont utilisés pour la conduite à distance et l'optimisation de la gestion des réseaux de chaleur comme le fait Prodir à Lyon. C'est le même souci d'amener de l'énergie et de la stocker dans des endroits d'accès difficile : pour renvoyer des indications de compteurs, pour surveiller des pompes, pour déclencher des alarmes.

Les techniques sont les mêmes : un peu plus de thermique, un peu moins de biologie, ou de physicochimie, le même effort en automatisme informatique. C'est finalement principalement les notions de coûts et de risques des investissements à faire qui changent : un m³ de fuel économisé n'a pas le même prix qu'un m³ d'eau.

Les deux actions se conjugent, les structures industrielles sont maintenant proches et on en verra bientôt les fruits.

4° L'eau et la biotechnologie

Le cœur du sujet est la technique de la fermentation et ses différentes applications. En pharmacie, en agro-alimentaire, en épu-

ration, en valorisation, on a affaire aux mêmes processus biologiques, aux mêmes réactions biochimiques, aux mêmes métabolismes bactériens. On observe aussi le même axe de recherche - développement : intensifier le phénomène de fermentation par biofixation qu'il s'agisse de la production d'antibiotiques, de la dégradation du lactosérum pour produire l'acide lactique, de la décaféination du café, de la prise en mousse du champagne, de la production de yaourt, ou de bière, etc...

Ces secteurs d'application se distinguent seulement par les charges de matières à l'entrée, les conditions de fonctionnement stériles et la valeur ajoutée des sous-produits en sortie.

Il y a cependant plus de transfert de connaissances que de collaboration entre ces différents secteurs avec cependant quelques tentatives en cours du côté des traiteurs d'eau.

5° L'eau et l'aménagement urbain

Le développement des services locaux.

Il est frappant de constater que la mission de service d'un groupe comme celui de la Compagnie Générale des Eaux auprès des collectivités locales concerne actuellement toutes les activités du génie urbain : on connaît l'eau potable - l'assainissement, et nous avons déjà évoqué le chauffage urbain et les réseaux de chaleur, on connaît moins l'activité transport et traitement de déchets, et encore moins celui des transports urbains et du mobilier urbain.

De ces services locaux on peut facilement dégager trois tendances générales :

1° En matière de génie urbain, les techniques et les problèmes d'exécution et de gestion sont les mêmes : même difficulté d'exécution de travaux en zone urbaine, même télécontrôle et téléalarme du nécessaire personnel d'astreinte, même cartographie des données etc...

2° Les freins qui interviennent dans le développement de l'innovation sont importants : quelques exemples :

- Les difficultés rencontrées pour les nouvelles conceptions techniques (notamment les tuyaux en matière plastique) ou d'une meilleure réalisation des travaux (amélioration des conditions de pose, des essais d'étanchéité) : l'innovation doit se payer. Qui paye ?
- Les VRD restent le rêve de l'impossible coordination des chantiers.

Le développement des réseaux de chaleur est souhaité par la puissance publique car il permet la diversification d'énergie, la souplesse d'utilisation, le recours aux énergies nouvelles. Mais il se heurte à la concurrence d'autres formes d'énergie et à des frais financiers et administratifs.

Etc...

Enfin dans tous ces domaines, de nouvelles techniques mettent en jeu de nou-

veaux comportements, de nouveaux modes d'organisation du travail et posent des problèmes de formation des hommes importants.

3° Malgré ces freins, le développement de nouveaux services urbains locaux est évident ; ils correspondent à une très forte demande : ce sera demain la télévision par câblage ou fibre optique en complément d'un réseau national par satellite, c'est le besoin d'information locale rapide avec aujourd'hui des panneaux d'information informatisé voire des pages-écran pour transmettre des indications sur la culture, les banques, les hôpitaux etc...

Conclusion

De cette rapide liste, d'exemples et de rapprochements, on peut saisir une meilleure image des compétences de l'ingénieur actuellement à l'œuvre dans les métiers de l'eau.

Cet ingénieur se frotte à différentes techniques, à un assez grand nombre de disciplines scientifiques de bases, à la plupart des métiers de prestations de services auprès des Collectivités Locales.

Il faudra encore 5 ou 6 ans pour que cette lente assimilation porte ses fruits. Un des meilleurs critères de jugement de la réussite de cette ouverture que l'on constate actuellement sera sans doute la qualité et l'importance du succès que remportera l'ingénierie et l'entreprise française à l'exportation dans le domaine de l'Eau, des Déchets et de l'Énergie. ■

COMMUNIQUÉ

Le Syndicat National des Fabricants de Tubes et Raccords en PVC rigide nous informe de la création de "Sindotec-Tuberaccord PVC", service d'information et de documentation technique, dont le responsable M. de Quincerot, Délégué du Syndicat, est à la disposition des professionnels du Bâtiment et des Travaux Publics pour répondre à toute demande concernant des données générales techniques, des applications spécifiques ou les règlements et usages.

**Pour toute demande de renseignements, s'adresser à :
M. de Quincerot, Sindotec-Tuberaccord PVC, 65, rue de Prony
75854 Paris Cedex 17 - Tél. :
(1) 763.12.59 poste 209 - Télex :
641636 F INPLAST.**

Les réseaux d'eau et l'Urbanisme

par François VALIRON
*Professeur à l'École des Ponts et Chaussées
 Conseiller du Président de la SLEE*

Dans la ville, les réseaux à réaliser pour une desserte correcte des habitants et des zones d'activité, dont les deux fonctions sont :

- amener et distribuer l'eau nécessaire aux besoins,
- l'évacuer après utilisation, avec les eaux de ruissellement, pèsent d'un poids très lourd dans l'équipement en infrastructure.

Le tableau ci-dessous, qui donne quelques chiffres sur les équipements nécessaires pour une ville-type de 100 000 habitants construite avec une forte densité, montre l'importance des volumes d'eau à mobiliser, distribuer, collecter ou drainer et finalement traiter avant de les rejeter à la rivière.

Enfin, il met en évidence l'importance de l'investissement qui grève de près de 70 F/m² la viabilisation des terrains à urbaniser.

Diverses études faites par le STU ont prouvé que le poids de ces "infrastructures eau" dans l'équipement des VRD était nettement supérieur à celui des voiries, ce qui démontre la nécessité d'en tenir compte et de chercher comment on peut en limiter le coût.

Le lecteur trouvera ci-dessous quelques observations et propositions pour y parvenir en France, sans doute valables dans les pays industrialisés, puis ensuite comment les transposer dans les pays en voie de développement.

I — Le cas français

Bien qu'en général, les réseaux suivent le tracé des voiries, leur coût relatif évolue de façon indépendante en fonction d'éléments comme la densité, le type d'habitat, la

topographie, l'organisation des zones de vie et d'activité les uns par rapport aux autres. Un plan masse étudié pour minimiser le coût des dessertes n'aura pas nécessairement un effet analogue sur les réseaux d'eau.

Parmi les raisons de ces distorsions :

- Le manque de souplesse de l'assainissement avec ses écoulements gravitaires entre deux stations de refoulement, qui s'adapte mal aux tracés des dessertes.
- L'augmentation du coût de transport dans les tuyaux avec la diminution des débits qui accroît encore les coûts déjà renforcés par l'augmentation des linéaires lorsqu'on dessert des zones à plus faible densité.

Expliquent bien que la recherche de solutions globalement économiques oblige à trouver des compromis entre Dessertes et Réseaux.

Caractéristiques de la ville	Nombre de logements : 28 000. 715 hectares urbanisés. 1 100 hectares drainés. Pluviométrie 600 mm. Coefficient de ruissellement : 0,75. Eau consommée 100 m ³ /hab. Pertes : 20 %. Industries branchées sur le réseau 30 % de la consommation totale. Industries non branchées : 4 millions de m ³ prélevés directement. Pertes : 10 %.		Coût d'équipement réseaux eau en millions de francs 80
Apports d'eau	Flux prélevé pour le réseau d'alimentation en eau : 12 millions m ³ Flux prélevé directement par les industries : 4 millions m ³ Pluie moyenne tombée : 6,6 millions m ³ Ruissellement : 4,95 millions m ³ Évaporation : 1,65 million m ³ Pertes réseau et industrie : 2,4 millions m ³	Capacité de prélèvement (réseau en pointe) coef. 1,5 : 50 000 m ³ /j Capacité de prélèvement industries : 21 000 m ³ /j Point coef. 2 Longueur du réseau : 300 km	Production eau : 50 MF Réservoirs : 25 MF Réseaux : 180 MF Branchements : 25 MF
Rejets en quantité	Flux en tête du réseau d'assainissement : 14,55 millions m ³ Eau perdue : 4,05 millions m ³ Eau rejetée directement par les industries : 2 millions m ³ Eau rejetée directement par les déversoirs : 2 millions m ³ Eau infiltrée dans la nappe 10 % : 1,45 million m ³ Eau amenée par les nappes : 0,45 million m ³ Flux à la station d'épuration : 13,55 millions m ³	Capacité de transport réseau (coef. 0,7) : 100 000 m ³ /j Longueur du réseau : 320 km	Réseaux de collecte : 225 MF Station d'épuration : 30 MF Bassin de ralentis. : 25 MF
Flux de pollution	Flux des habitants : 6 000 T/an Flux industrie : 3 000 T/an Flux ruissellement eau de pluie : 3 000 T/an Flux total en Tonnes/an : 12 000 T/an	Capacité de traitement stations d'élimination : 80 % Rejet habitant : 1 200 T/an Rejet industrie : 1 600 T/an Rejet total : 1 800 T/an	Total : 560 MF

D'autres preuves des relations étroites qui lient les divers "Partis Urbanistiques" avec les solutions techniques correspondantes pour les réseaux peuvent être trouvées dans les quelques constatations suivantes :

— L'imperméabilisation des sols, conséquence de l'urbanisation, conduit à une augmentation des débits ruisselés, donc des tuyaux pour les évacuations, et à une réduction de l'infiltration vers les nappes, donc du débit exploitable de celles-ci.

— L'accroissement des concentrations des hommes et des activités sur des surfaces plus réduites dans les villes conduit également à des rejets plus importants créant dans les rivières des perturbations localisées dépassant souvent la capacité d'auto-épuration, d'où la nécessité de développer davantage les ouvrages d'épuration.

Il est donc très souhaitable de tenir compte de ces répercussions et de rechercher par itérations successives le Plan masse réduisant, au mieux et à la fois le coût de la protection de l'Environnement et celui de la desserte en voirie et en réseau.

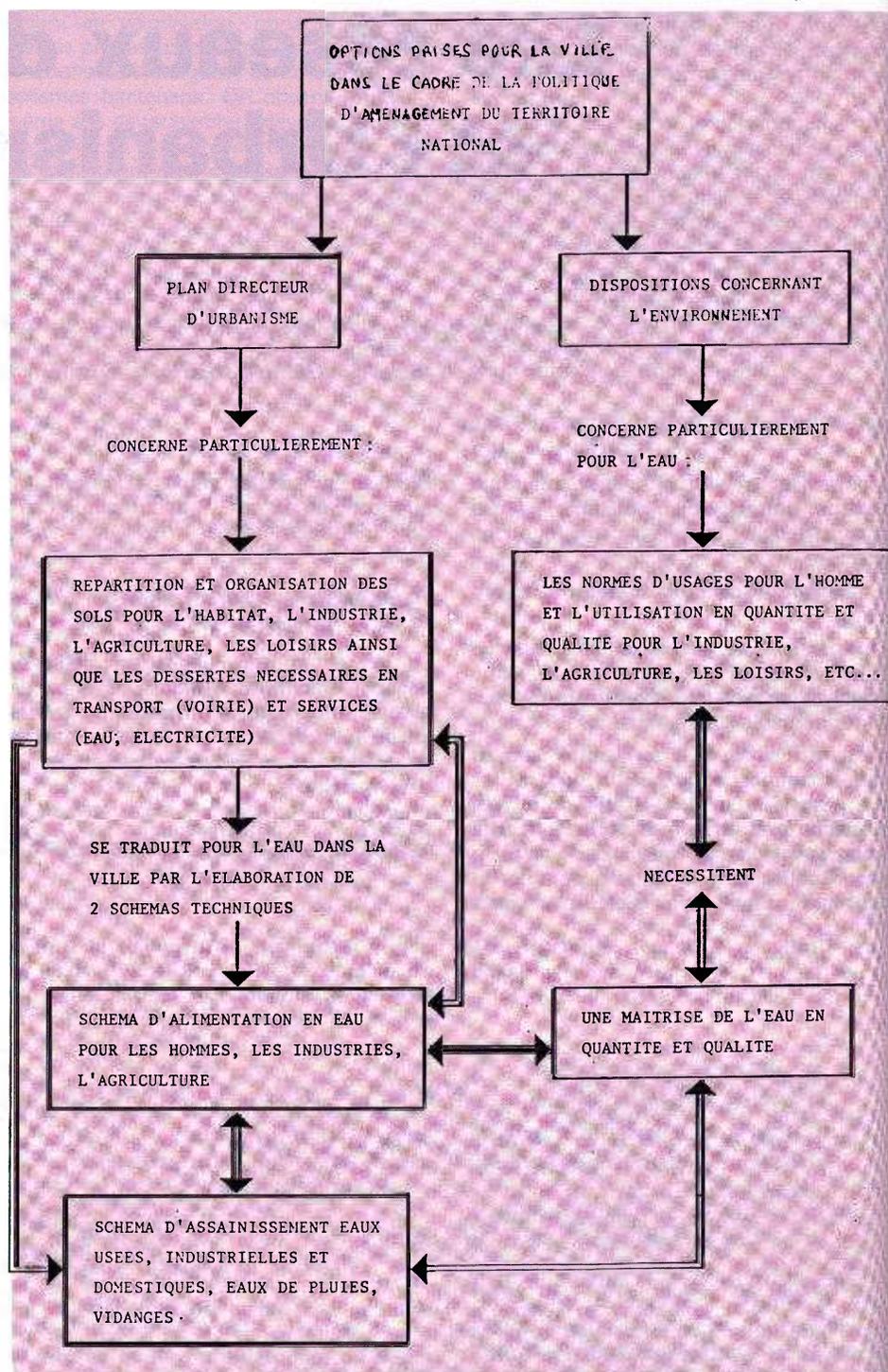
Le réseau "eau et assainissement" n'est plus alors seulement la conséquence du choix d'un plan masse, il est un élément de choix au même titre que les autres éléments qui guident l'urbaniste, comme le site, la circulation, le cadre de vie, les relations vie/travail.

Cette philosophie, qui ne trouve sa valeur qu'avec des équipes pluridisciplinaires et composées d'hommes et de femmes susceptibles de se comprendre, est encore rare, sans doute parce que les réseaux sont souterrains, donc peu visibles, et que leur complexité les rend trop difficiles à appréhender par des non spécialistes.

Cependant, cette Interdépendance qui s'inscrit dans les faits se traduit par des documents techniques complémentaires ou même intégrés dans les procédures réglementaires de l'Urbanisme de planification et de programmation, comme les **SDAU et les POS**, et dans ceux plus opérationnels que sont les **Plans Directeurs d'Urbanisme et les Plans masse** plus détaillés d'équipements des zones.

Mais des progrès sont à faire comme l'a montré une récente enquête du STU dans 16 départements confiée à MM. Ledain et Voinot, qui insistait sur l'isolement des techniciens sanitaires vis-à-vis des réunions du groupe de travail et du peu de sensibilité des élus aux problèmes de l'eau. Elle notait enfin l'absence quasi générale d'une étude financière sérieuse sur les coûts des réseaux "eau" permettant au Conseil Municipal de faire ses choix et de prévoir une programmation correcte et cohérente des investissements "eau".

Pour les Plans Directeurs d'Urbanisme, les interactions avec les schémas d'alimenta-



tion en eau et d'assainissement concernant l'Environnement sont décrits par le diagramme ci-après :

La difficulté d'une telle démarche réside dans le choix des solutions les plus économiques car il faut pouvoir apprécier le rapport coût/avantages et dans le fait qu'il est difficile de donner une valeur à la santé ou à l'Environnement. L'évaluation du coût des solutions techniques, si elle est théoriquement plus aisée, se trouve elle aussi soumise à des aléas, car elle dépend étroitement de facteurs externes au projet lui-même tels que, développement de la popu-

lation et de son niveau socio-économique (d'où consommation d'eau et pollution rejetée), du parti urbanistique choisi (densité, type de voirie, type d'industries), de la décision sur le niveau retenu pour la protection de la santé et l'Environnement (maintien de poissons dans les rivières, possibilité de baignades, etc...).

Une interaction existe à l'évidence entre l'alimentation en eau et l'assainissement puisque les rejets des eaux utilisées par la ville influent sur les quantités et la qualité des eaux utilisables pour couvrir les besoins de cette même ville. Ces deux schémas cons-

tissent avec l'obligation d'assurer une maîtrise des eaux par différents moyens techniques (barrages, réalimentation des nappes, prises d'eau et rejets) "un plan pour l'eau de la ville" qui doit traiter de toutes les utilisations de l'eau pour les hommes dans la zone géographique concernée y compris agriculture, navigation, lutte contre les inondations, refroidissement, pêche et loisirs en plus des aspects plus classiques de l'alimentation des hommes et des industries.

Enfin, comme on l'a déjà signalé le poids de dépenses à prévoir pour ce "plan de l'eau dans la ville" est très lourd. Il correspond à un pourcentage de 60 à 80 % des dépenses à faire pour rendre constructibles les terrains, coût des sols exclus. Son montant dépend des "Partis" retenus pour l'habitat (individuel ou collectif), de sa densité, du tracé des voiries, et des implantations choisies pour l'industrie.

Chaque Parti d'urbanisme génère ainsi un Plan "eau".

Le choix du planificateur doit donc porter sur un couple : "Plan d'urbanisme - Plan eau" qui minimise les coûts pour des avantages de qualité de vie maxima.

Il convient donc que les hommes chargés du plan eau, les responsables des schémas alimentation en eau et assainissement, ne soient coupés ni des urbanistes ni des planificateurs, afin que la recherche des solutions les plus économiques découlent de l'examen successif des diverses possibilités et d'une procédure itérative.

II — Le cas des pays en voie de développement

En conclusion de ces observations sur l'eau et l'urbanisme faites dans les pays riches, il apparaît intéressant de les adapter au cas des pays en voie de développement.

Compte tenu des coûts très élevés des techniciens de l'eau face à un revenu annuel moyen très bas des habitants et à une urbanisation très rapide et souvent sauvage, il est évident que la copie à l'identique des solutions actuelles des pays industrialisés ne peut conduire qu'à une acceptation de l'écart existant dans ces pays entre riches et pauvres :

"Des riches ou des classes moyennes, dans certains quartiers de la capitale et de quelques villes, dotés de l'eau courante et de l'égout aux standards les plus élevés, le reste de la population sans eau".

On trouvera ci-dessous quelques-unes des voies possibles, découlant de l'expérience des pays eux-mêmes et de celles des organisations internationales :

a) Les standards de service public peuvent être abaissés sans toutefois réduire les normes vis-à-vis de la santé :

— acceptation d'un risque de coupure d'eau de quelques heures par jour en pé-



riode de sécheresse ou de travaux, d'où réduction des diamètres, des maillages et des stocks de sécurité.

— qualité de l'eau irréprochable sur le plan santé, mais plus réduite sur le confort (goûts non éliminés, couleur légère, etc...).

La tarification s'appuyant sur un système de compteur pour éviter les gaspillages doit, contrairement aux habitudes de l'Occident, comporter un prix bas pour les premiers mètres cubes, à la valeur marginale ou même en dessous, et un prix beaucoup plus élevé pour les fortes consommations. Ainsi, il y a transfert social des riches ou des classes aisées vers les pauvres, l'équilibre financier des services pouvant être limité aux services urbains, ou même dégager un excédent au profit des zones rurales.

b) Le réseau urbain doit faire une place à la desserte des zones d'extension et même, si possible, aux zones où se rassemble l'urbanisation sauvage. Au niveau de la planification, on doit fixer les normes des volumes à prévoir par habitant dans les trois zones des villes (habitat à l'occidentale, habitat local évolutif, habitat sauvage) :

— Les normes des zones à l'habitat en dur peuvent bénéficier de services analogues à ceux des pays industrialisés, les consommations étant celles constatées (puis projetées), tant pour l'eau potable que pour l'assainissement.

— Pour les zones d'habitat local évolutif, l'idéal serait de commencer par des **bornes fontaines** branchées sur un réseau principal calculé pour la desserte future au robinet avec des normes réduites mais permettant le maillage ultérieur. Sur ce "réseau-trame" pourraient être branchés au fur et à mesure les demandeurs individuels.

Le réseau d'assainissement unitaire desservirait de la même façon, d'abord les zones dont on prévoirait en premier le passage à un système d'eau et d'assainissement à domicile et dès le départ les latrines, les douches, les bains et les lavoirs publics (1).

— Pour les zones d'habitat sauvage (ou non réglementé), des antennes de desserte apporteraient l'eau avec la possibilité de bornes fontaines et lavoirs. Le réseau d'assainissement comporterait l'ossature d'évacuation des eaux pluviales. Cela conduit à des réseaux d'assainissement unitaires, sauf éventuellement dans le cœur des villes, et à prévoir la place dans l'urbanisation des stockages ralentissant l'effet du ruissellement.

c) Une telle conception des réseaux d'eau et d'assainissement, économique au premier investissement, est évolutive et donc peu coûteuse pour les extensions (pas d'ouvrages inutiles), mais elle ne peut être mise en œuvre que si une symbiose totale a été faite entre Urbanisme et Réseaux. Elle ne peut pas s'appliquer, comme dans les pays industrialisés, sans des allers et retours entre l'urbaniste et l'ingénieur, pour minimiser le coût des réseaux.

Elle nécessite aussi une maîtrise des permis de construire dans les deux premières zones et l'acceptation de l'organisation d'un partage des sols entre habitants de niveau de vie différent sans pour autant accepter une ségrégation. L'habitat moderne se situe dans le cœur des villes et sur quelques artères radiales et périphériques, l'habitat évolutif meublant le reste et se durcissant dans des zones fixées, le long des maillages.

Valables pour les urbanisations nouvelles et pour la restructuration des villes existantes, il ne faut donc pas s'étonner que ces idées aient quelque peine à passer et doivent d'ailleurs s'adapter aux conditions locales (formes de l'habitat traditionnel, mode de vie) et à la situation actuelle de la ville.

Même dans les pays industrialisés et en France, une parfaite symbiose entre Urbanistes et Techniciens reste encore trop rare.

(1) Dans les zones d'habitat dur ou semi-dur, chaque fois que le sous-sol le permet, l'assainissement individuel sera envisagé.

L'aménagement hydraulique et l'assainissement de la Vallée de la Scarpe à l'aval de Douai

par Bruno GODFROY
Ingénieur du Génie Rural et des Eaux et Forêts
et Benoît WEYMULLER
Ingénieur des Ponts et Chaussées

La Vallée de la Scarpe à l'aval de Douai a souffert de tout temps d'une mauvaise capacité d'évacuation des eaux.

La Scarpe se jette dans l'Escaut à proximité de la frontière Belge après avoir parcouru les régions urbanisées de l'Est du bassin minier du Nord - Pas-de-Calais et les régions rurales de la Forêt de Raismes - Saint-Amand ; entre Douai et son confluent avec l'Escaut soit près de 40 km, la pente est quasi inexistante, à peine plus de 7 m. De plus la frontière entre la France et la Belgique est également une barrière hydrographique : le barrage d'Antoing est la protection contre les inondations de la Ville de Tournai, ceci au prix de l'engorgement du réseau situé en amont.

Les fonctions de ce réseau sont nombreuses, anciennes et parfois contradictoires. Historiquement la première fonction du réseau a été l'assèchement des terres agricoles réalisé depuis le moyen âge à la suite des moines propriétaires de riches abbayes. L'exploitation du charbon depuis la fin du 19^e siècle a entraîné des affaissements miniers et donc une modification importante de ce réseau dont le fonctionnement, assuré par des stations de pompage ou de relevage des eaux, est devenu très artificiel. La fonction navigation avec 6 écluses permettant de relier Douai à l'Escaut est désormais assez réduite. Enfin la Scarpe assure un exutoire d'assainissement agricole ou urbain ainsi qu'une évacuation des eaux pluviales qui pose de plus en plus problème avec la croissance de l'urbanisation et l'industrialisation de cette région. La Scarpe est donc l'un des cours d'eau très pollués du bassin Artois Picardie même si la détérioration de sa qualité relative a pu être stabilisée ces dernières années.

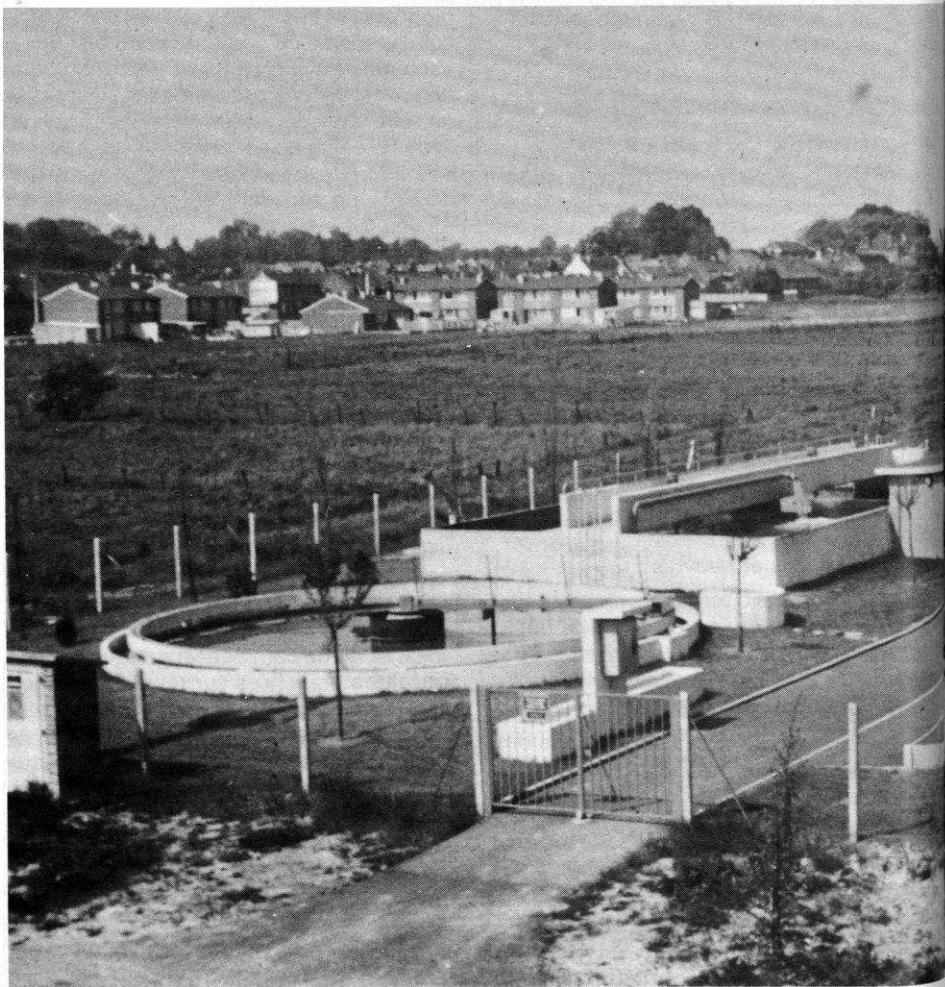
Toutes ces fonctions de la Scarpe recouvrent des préoccupations ou des intérêts dont la cohérence n'est pas toujours assurée.

L'agriculture de cette région présente des terres mal drainées. Statistiquement ses rendements y sont de 10 à 20 % inférieurs à

ceux de l'ensemble du Département et le nombre des agriculteurs y décroît plus rapidement qu'ailleurs. Plusieurs orientations sont alors envisagées par la direction départementale de l'agriculture : d'abord poursuivre le remembrement des terres, puis drainer les terres. L'évacuation gravitaire des eaux est irréaliste compte tenu des faibles pentes et des coûts d'infrastructures qui seraient donc nécessaires. Seul un pompage assuré par bassin versant est réaliste et d'un coût qui reste limité. C'est la

solution qui a été pratiquée à la Station Saint-Charles de Flines-lez-Raches et à l'Anguille dans l'Amandinois pour un coût d'exploitation raisonnable d'environ 25 F par hectare et par an.

Autre préoccupation : l'urbanisation ; c'est l'ensemble des problèmes d'assainissement de la zone urbaine de Douai y compris les problèmes de pluviosité qu'il faut aborder en tenant compte des prévisions à long terme en matière de population des com-



munes. De nombreuses opérations de construction ou d'équipement se traduisent par une imperméabilisation du sol aux graves conséquences. Ainsi la construction d'un réseau de rocadés autoroutières autour de Douai a nécessité des stations de traitement et d'évacuation importantes. Pour la collecte et le traitement des eaux pluviales et usées, les collectivités locales se sont constituées en différents syndicats d'assainissement. Ceux-ci ont entrepris depuis plus de vingt ans la construction des réseaux et des stations de traitements qui sont sans cesse l'objet d'extension et d'amélioration. Plus que les débits d'eaux usées généralement bien connus c'est le volume d'eau pluviale qui détermine les capacités à installer pour l'évacuation des eaux pour chaque bassin versant. Or cette pluviométrie est encore mal connue. Des campagnes de mesures sont nécessaires avant d'entreprendre les mesures à éviter l'inondation périodique de cités minières situées en bord de Scarpe.

Les Houillères du Nord - Pas-de-Calais figurent souvent au ban des accusés dès que le problème de l'eau est évoqué. Par l'intermédiaire de leurs stations elles relèvent près de 75 millions de mètres cubes d'eau chaque année. En effet l'exploitation minière a provoqué des affaissements qui peuvent atteindre plusieurs mètres et a per-



turbé le cours des rivières en accentuant les points bas de l'écoulement et en créant des cuvettes artificielles. Les stations de relevage des eaux créées par les Houillères ont permis une restructuration progressive des artères principales, une suppression de siphons pré-existants, un raccourcissement des trajets.

Mais les Houillères font valoir que l'urbanisation, en augmentant le ruissellement, désorganise le fonctionnement de ces stations. Une multiplication par 6 de la population en 3 quarts de siècle, une multiplication par dix de la surface urbanisée, a doublé ou triplé le débit de pointe à la sortie de chaque bassin versant. Les Houillères possèdent encore à l'aval de Douai 26 stations de relevage dont certaines relèvent plus de 10 millions de m³/an. Des discussions provoquées par la perspective de l'arrêt de l'exploitation charbonnière se sont nouées avec les collectivités locales sur l'avenir de ces stations.

Les Houillères souhaitent en remettre la gestion aux collectivités locales quitte à participer initialement par fonds de concours aux travaux d'aménagement nécessaires.

Cette gestion par les Syndicats d'assainissement permettrait également une rationalisation des réseaux et des stations, avec l'assainissement des eaux usées. Mais il s'agit là d'une prise en charge de responsabilité actuellement assurée par les Houillères et dans les discussions l'aspect politique n'est pas le moindre.

En fin de compte l'eau relevée, drainée, traitée doit être évacuée. Parallèlement à la Scarpe existent deux rigoles creusées par les moines en 1774 : le Décours se jetant dans l'Escaut, la Traitore se jetant dans la Scarpe. Ce système de drainage n'a jamais fonctionné efficacement : en cas de crue de l'Escaut l'eau monte dans la Scarpe qui reflue dans les exutoires. Plusieurs études ont envisagé un aménagement du niveau des biefs de la Scarpe entre Douai et l'Escaut. Liées aux travaux menés sur l'Escaut qui va passer au gabarit européen ces études peuvent envisager la suppression

d'écluses ou la reconstruction d'écluses nouvelles avec une plus grande hauteur de chute. Dans certaine variante après abaissement du niveau des biefs, la pente du Décours pourrait passer de 15 cm par km à près de 27 cm/km avec un résultat très favorable sur l'écoulement des eaux.

On peut même s'interroger sur la nécessité de prévoir un maintien de la fonction navigation. Ne pourrait-on pas lui confier le seul rôle d'évacuation des eaux en se libérant de toute contrainte sur le maintien d'un niveau minimal des eaux dans les biefs. Sans négliger le trafic de transit assuré entre de nombreuses industries sur la Deule et les postes Belges la question mérite d'être posée.

Compte tenu de ces nombreux intervenants et de ces préoccupations diverses et de plusieurs études partielles il est apparu nécessaire d'effectuer une synthèse propre à dégager par bassin versant les solutions techniques les plus adaptées pour l'évacuation des eaux en tenant compte de diverses possibilités d'aménagement de la Scarpe. Cette synthèse devrait également dégager les investissements nécessaires et leur coût de fonctionnement.

Confiée à un bureau d'étude cette synthèse est actuellement en cours sous la supervision d'un comité de suivi composé de toutes les parties intéressées : Agence de l'Eau qui est maître d'ouvrage, Direction Départementale de l'Équipement, Direction Départementale de l'Agriculture, Service de la Navigation, Houillères.

Il appartiendra ensuite aux différents maîtres d'ouvrages, collectivités locales et leurs syndicats d'assainissement urbain et agricole de reprendre à leur compte les conclusions de cette étude et de mettre en œuvre les solutions qui pourront en découler, par la programmation annuelle des investissements et la réorganisation des systèmes de gestion actuel des réseaux d'assainissement.

Alors ne seraient plus qu'un mauvais souvenir les inondations de nombreuses cités en habitat minier.



La vigilance dans les métiers de l'eau

par Jean-Marc OURY,
Ingénieur en chef

attaché à la Direction générale de la Compagnie Générale des Eaux,
Ingénieur des Mines

L'eau occupe dans la pensée économique une place singulière : autrefois considérée comme l'exemple paradoxal type — avec l'air — du bien utile mais sans valeur, elle est devenue l'un des terrains privilégiés d'application des théories marginalistes pour la prise en compte des "effets externes". L'acuité de la lutte contre la pollution comme les problèmes des ressources en eau dans les pays du Tiers Monde la font aujourd'hui apparaître comme l'un des biens les plus précieux.

Cette singularité tire son origine d'un phénomène banal : la valeur relative d'un bien, définie comme le coût pour un observateur donné de la consommation d'une unité de ce bien, dépend très généralement de la date et du lieu de consommation ainsi que des investissements passés. Les économistes savent d'ailleurs que cette dépendance engendre toutes sortes de difficultés dans le cadre des théories traditionnelles (1). Dans le cas de l'eau, cette dépendance est totale et la pensée oscille entre la source jaillissante qu'il suffit de capter et la rivière polluée qu'il faut soigneusement épurer avant de la distribuer à grands frais dans une vaste agglomération.

Les métiers de l'eau subissent les conséquences de ces oscillations de la pensée : on les réduit tantôt au geste simple du fontainier, tantôt à une activité industrielle faite de traitement, d'épuration et de pose de canalisations. Les praticiens savent bien que l'essentiel échappe.

C'est qu'à côté des sources traditionnelles de richesses que sont le capital et le travail, existe une troisième source aussi importante, la vigilance, dont nous avons montré (2) qu'elle constitue l'essence même des activités tertiaires. L'activité de service que forment les métiers de l'eau n'échappe pas à la règle, comme nous allons le voir grâce à quelques exemples particulièrement significatifs qui nous permettront simultanément de décrire avec plus de précision ce que nous entendons par ce concept de vigilance.

La vigilance s'exerce tout d'abord dans le domaine technique : les capacités de prévision pour le dimensionnement des investissements et leur judicieuse organisation jouent à l'évidence un rôle essentiel pour l'équilibre à long terme d'un budget eau. Il en va de même de tout ce qui concerne les

activités de surveillance, de renouvellement et d'entretien des réseaux qui ont une influence déterminante tant sur la qualité de l'eau distribuée que sur le rendement quantitatif des réseaux. L'expérience témoigne aussi de l'importance des mesures préventives dans les usines d'eau potable ou les stations d'épuration : il faut savoir dans certains cas accentuer à temps la chloration ou l'ozonation pour éviter tout risque de développements bactériens dans les réseaux ; à l'inverse, il faut protéger les capacités de traitement biologique des stations d'épuration sous peine de les rendre très largement inefficaces. Des capacités d'intervention rapides en cas de fuite, de pollution, ou de difficultés techniques dans les usines où les réseaux jouent enfin un rôle déterminant pour assurer la continuité et la qualité du service rendu aux usagers.

Dans tous ces exemples, on retrouve une activité de même nature, faite de disponibilité, d'observation et d'interrogation, qui au premier abord ne semble pas directement productive et qui pourtant, quand l'événement vers lequel elle est orientée vient à se produire, se révèle en définitive indispensable. Car parfois ce ne sont pas seulement quelques gains qualitatifs ou quantitatifs qui sont en cause, mais le fonctionnement d'ensemble des installations considérées qui peut se trouver compromis par une omission ou une réaction trop tardive. Cette activité, d'apparence passive et pourtant efficace, c'est elle que nous avons dénommée vigilance. Elle constitue en quelque sorte le complément de ce que l'on entend souvent par le concept de travail pour lequel les effets produits, en général les biens, sont directement proportionnels aux efforts déployés. La vigilance noue les circuits économiques comme elle conditionne le progrès technique. On comprend qu'elle joue un rôle essentiel pour un bien qui présente les caractéristiques que nous évoquons en commençant.

Mais la vigilance s'exerce aussi en dehors du domaine technique. Savoir créer un réseau, organiser le comptage de l'eau distribuée, prévoir les rythmes de raccordement, assurer l'équilibre d'un budget eau, associer les établissements ou collectivités intéressés, sont autant de domaines que l'expérience de certains pays en voie de développement fait apparaître comme essentiels. Les exemples y abondent de

gaspillage de ressources en eau, d'investissements devenus inutiles ou qui, à l'inverse, ne parviennent pas à trouver l'amorce qui permettrait ensuite leur croissance progressive.

Disposer des capacités d'étude et d'innovation qui permettent de rendre économiquement viable une ressource jusque là mal utilisée comme ce fut le cas à Montpellier, (voir la source du Lez) (3) n'est-ce pas aussi une forme de vigilance ? Car il fallait bien apprécier une situation locale qui ne ressemblait à aucune autre...

Ces aspects sont souvent négligés en France dans le domaine de l'eau potable car les problèmes se posent dans l'ensemble avec moins d'acuité que dans d'autres pays ou dans d'autres domaines. On peut néanmoins se faire une idée de l'importance de la vigilance en observant ce qui se passe pour d'autres biens qui ont des caractéristiques comparables à celles que nous évoquons en commençant en ce qui concerne l'eau.

Ainsi, pour l'utilisation des rejets thermiques ou de chaleur, la distribution d'images audiovisuelles, les dispositions visant à économiser l'énergie ou à réduire la pollution, les choses au plan conceptuel paraissent souvent simples. Les réalisations ne progressent toutefois pas toujours aussi rapidement que l'on pourrait l'imaginer et certaines situations de blocage évoquent ce que l'on rencontre parfois dans les pays du Tiers Monde. C'est que dans ces domaines comme dans celui de l'eau, l'existence d'une ressource et la disponibilité de capitaux ne sont en eux-mêmes jamais suffisants. Il manque parfois un acteur capable de nouer les contacts, de consentir les premiers efforts, d'organiser l'ensemble, de maintenir en état au meilleur coût ce qui existe, de susciter une clientèle, de prévoir... en un mot d'assurer les indispensables fonctions de vigilance que nous évoquons à propos de l'eau.

Tous ces exemples en témoignent : la pratique ne tolère pas que l'on néglige la vigilance.

(1) Voir C. Riveline. "L'évaluation des coûts". *Annales des Mines Juin 1973.*

(2) J.-M. Oury. "Économie politique de la vigilance". Calmann-Lévy 1983.

(3) Cf. article de Jean Roman et Roger Calmels.

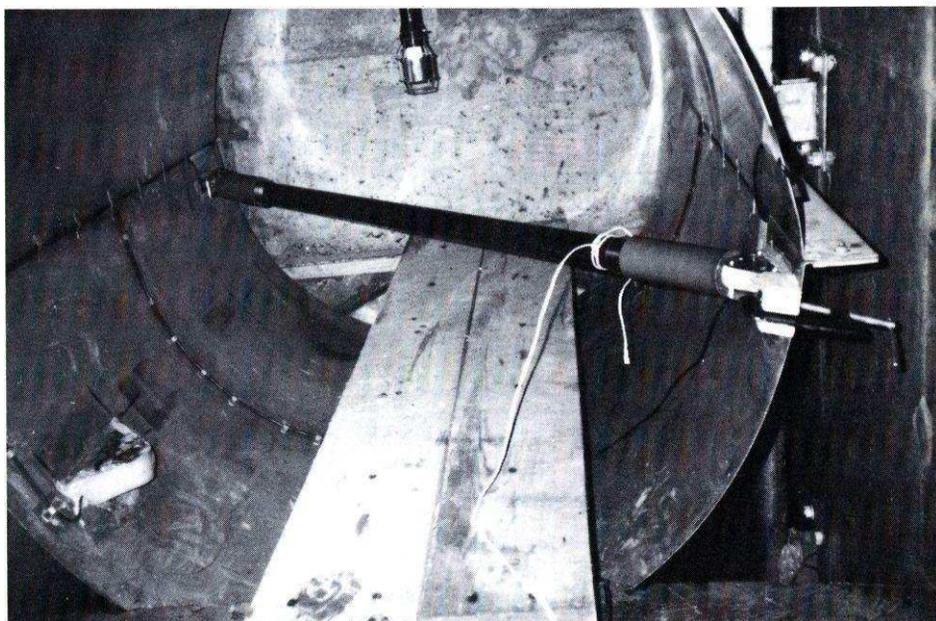
Le comptage des eaux usées

par J. LAMOURE,
Ingénieur des Ponts et Chaussées
Compagnie d'Engineering Électronique

Les coûts des services d'eau et d'assainissement dans les agglomérations urbaines françaises sont très variables ; on peut toutefois admettre qu'en moyenne, 40 % des charges de renouvellement et d'exploitation sont à attribuer à la collecte des eaux d'égout et à leur épuration. Or, il est bien connu que ces coûts sont, en totalité, rapportés au m³ d'eau engagé dans le circuit urbain et saisis au niveau de la consommation d'eau.

Cet article n'a pas pour objectif d'imposer la pose de compteurs sur les branchements aux égouts des particuliers : une telle mesure constitue à la fois une impossibilité technique et un gaspillage financier.

En revanche, il paraîtrait juste, compte tenu du pourcentage cité plus haut, de pouvoir attribuer plus finement ce qui revient à chaque grande catégorie d'utilisateur de l'égout, sans oublier la Nature qui emprunte pour ses eaux — pluie, nappe, sources — tous les types de canalisation.



Équipement d'un gabarit et ajustement des sondes.

1 La Situation du comptage des eaux usées et pluviales dans son décor financier :

À l'heure actuelle ce comptage, c'est-à-dire l'évaluation en litres par seconde ou en mètres cube par heure des effluents qui passent dans l'égout, n'est pratiqué qu'au droit des stations de relevage par le biais des horodateurs de pompes. Les autres méthodes n'ont, en terme d'équipement des réseaux, français, qu'un intérêt documentaire.

Imaginons un scénario assez grossier destiné à fixer quelques ordres de grandeur à partir de chiffres recueillis en 1976 par l'Agence Financière et la Mission déléguée du Bassin Seine-Normandie et en 1978 par la Direction de la Prévention des Pollutions et des Nuisances :

A partir de ce tableau postulons que les villes françaises de plus de 150 000 habitants disposent d'environ un mètre, de conduite de diamètre supérieur à 800 mm par habitant.

Multipliés par les 37 Villes concernées qui représentent plus de 10 millions d'habitants (9 M hab. pour les villes, 20 M hab. pour les agglomérations), c'est donc plus de dix mille kilomètres d'égouts de bonne taille qui transitent, rien qu'en eaux usées, probablement trois millions de mètres cube par jour. Et cependant, il n'existe aucun dispositif dédié au chiffrage de cette cataracte.

Par ailleurs, les montants des travaux engagés en Francs courants pour les réseaux d'assainissement et les stations d'épuration sont estimés pour la période 78-80 à :

1978 : 2,9 Milliards de Francs
1979 : 3,5 Milliards de Francs dont plus de 80 % pour les réseaux
1980 : 3,7 Milliards de Francs

Supposons qu'en Francs constants le rythme des dépenses annuelles stagne à 3,5 milliards de Francs et que les 37 grandes villes citées plus haut accaparent les trois quarts des dépenses ; détourner **un pour mille** de ces investissements pour équiper seulement les grands réseaux existants de systèmes de surveillance du débit signifie disposer d'environ 2,5 millions de Francs par an ; comme nous le verrons plus loin, cette somme permet d'installer environ dix compteurs par an soit un compteur pour mille kilomètres d'égout la première année ; on pourrait espérer disposer d'un compteur tous les cent kilomètres dans les années 1990...

À l'évidence, il ne s'agit pas là d'un grand enjeu national donc c'est plutôt le "compteur d'eau usée" en tant que produit industriel d'équipement urbain des années 80-90 qui est séduisant : c'est un produit sortant de PME, télématique dont le marché est

	Population (1975)	Longueur de conduite par habitant
REIMS (Réseau séparatif)	180.000 habitants	Pluvial 0,80 m (Ø moyen : 1.000 mm) Vanne 1,55 m (Ø moyen : 300 mm)
LE HAVRE (Réseau unitaire)	220.000 habitants	2 m (Ø moyen : 500 mm)

faible mais en forte croissance au début et voué à la saturation au bout de dix ans.

Ce décor planté, revenons tout de même à la nécessité d'améliorer notre connaissance en temps réel des réseaux.

2 Le mauvais remplissage des stations d'épuration :

En France, depuis une dizaine d'années, plus de 6 000 stations ont été mises en service ; le parc représente une capacité d'épuration d'environ 2/3 de la pollution produite or on constate l'élimination d'un tiers seulement de cette pollution ; le taux de charge des stations est donc trop faible (50 % en moyenne pour les stations petites

et moyennes, 70 % pour les grosses stations). A cela deux explications :

— La première est l'insuffisance du taux de raccordement : un seul remède : poser toujours plus de tuyaux et inciter de plus en plus les habitants à s'y raccorder.

— La deuxième est que les égouts sont en réalité un système de transport ouvert d'une manière diffuse et à double sens vers le milieu naturel.

Il existe toute une littérature sur le drainage des eaux parasites, sur les déversoirs d'orage, sur les mauvais branchements qui expliquent comment les quantités considérables d'eau naturelle transitent dans les réseaux d'eaux usées et comment des quantités tout aussi impressionnantes de pollution sont rejetées dans le milieu pendant les épisodes pluvieux.

Les remèdes ne sont pas simples et passent

par une détection ou une prévision des apports naturels, un stockage, un relargage, un tri, un détournement, etc... Sans préjuger des méthodes qui seront efficaces dans les prochaines années, dès lors qu'il s'agit de mieux maîtriser des quantités, un organe de comptage paraît indispensable.

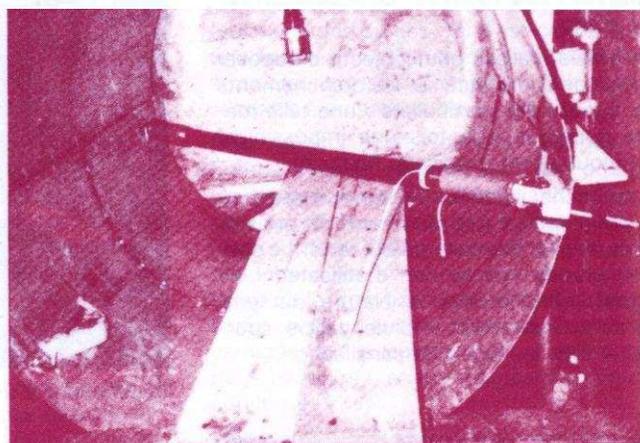
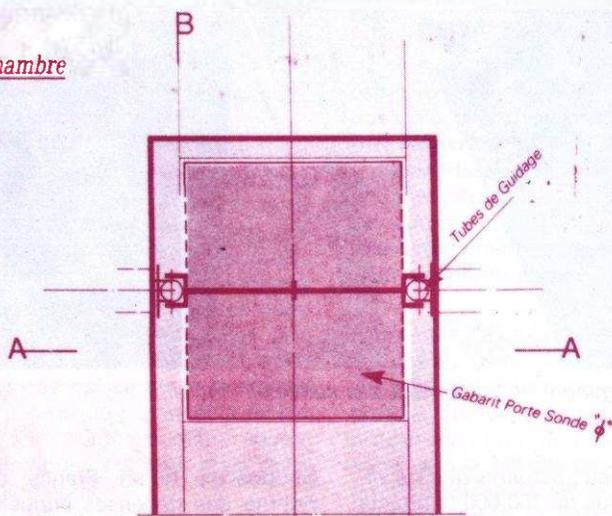
3 Une devinette technologique en deux règles :

Lorsqu'on cherche à imaginer un système de mesure permanent fonctionnant en immersion dans une eau usée, il faut chercher à respecter deux règles :

Première règle : l'appareil doit s'accommoder aussi bien de la phase solide que de la phase liquide car un effluent est un milieu diphasique (et même triphasique avec les bulles d'air).

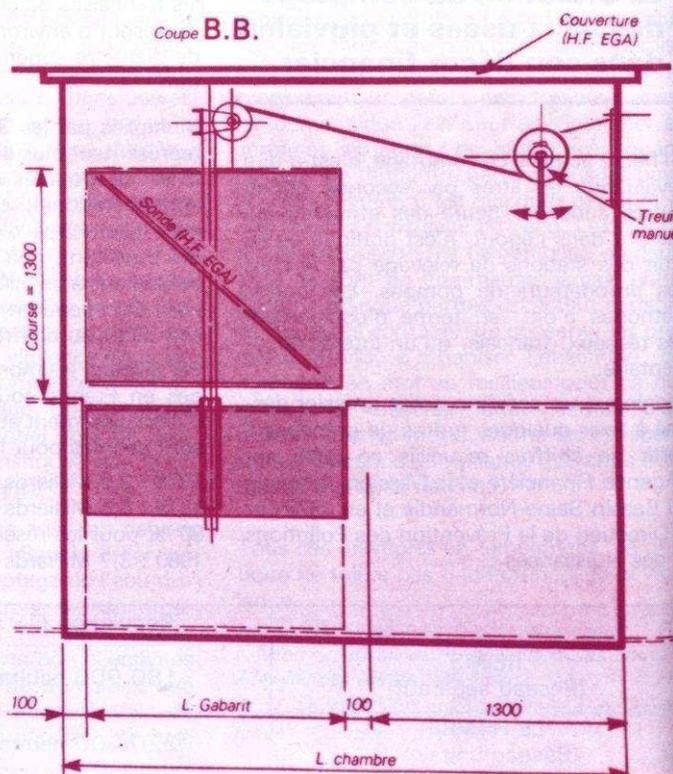
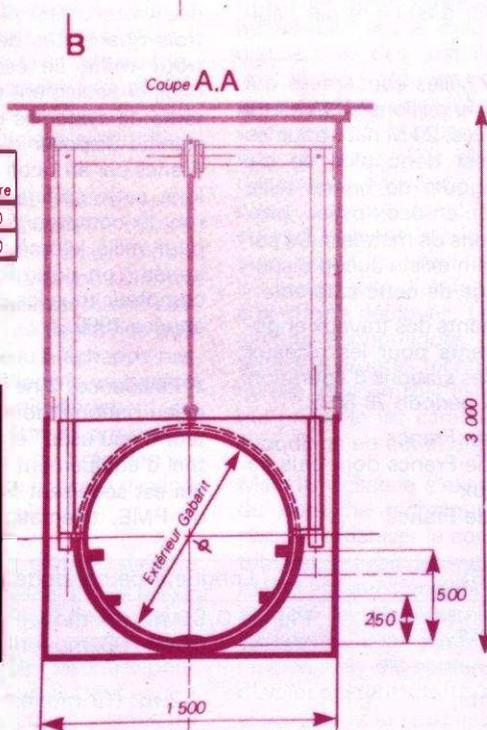
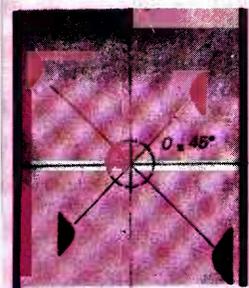
Figure n° 1.

Plans de la chambre et du gabarit porte sondes.

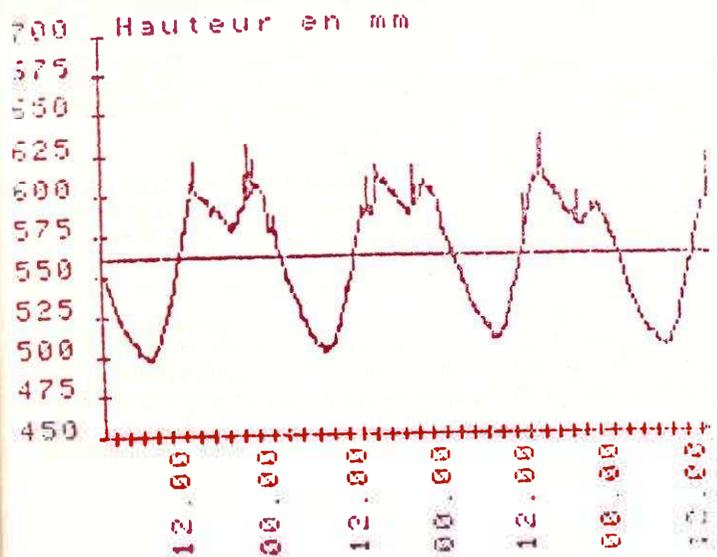


Équipement d'un gabarit et ajustement des sondes.

Diamètre Collecteur	Diam Gabarit	L. Gab	L. Chbre
1200	1150	1400	2900
800	750	1000	2500



Période de temps sec



Période pluvieuse

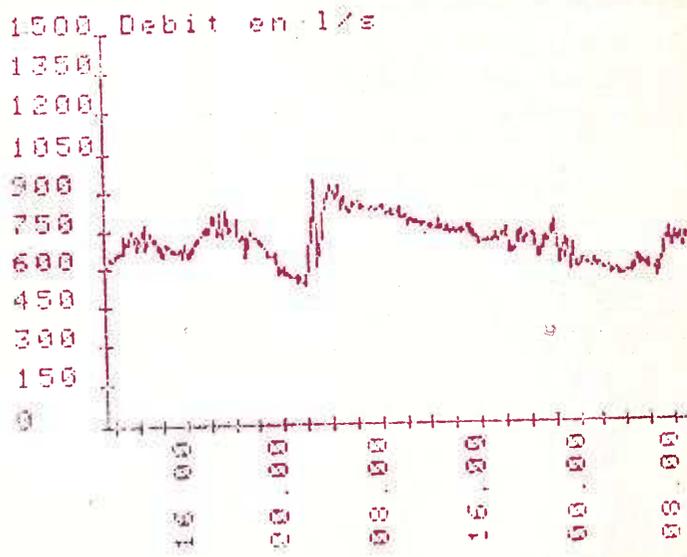
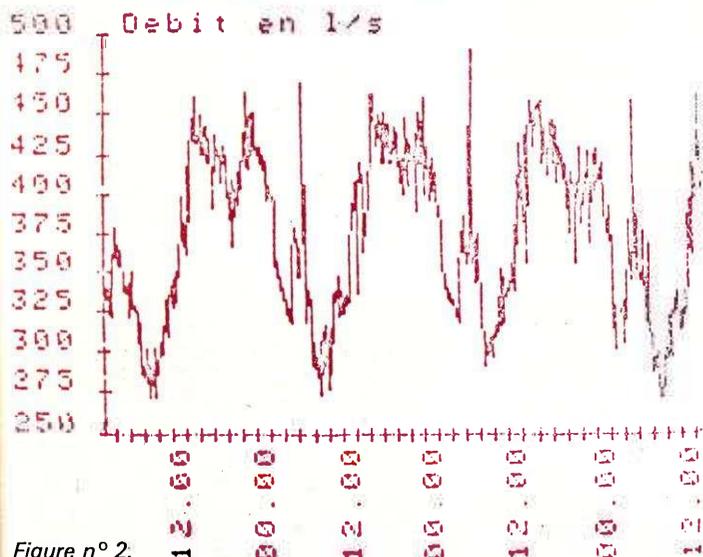
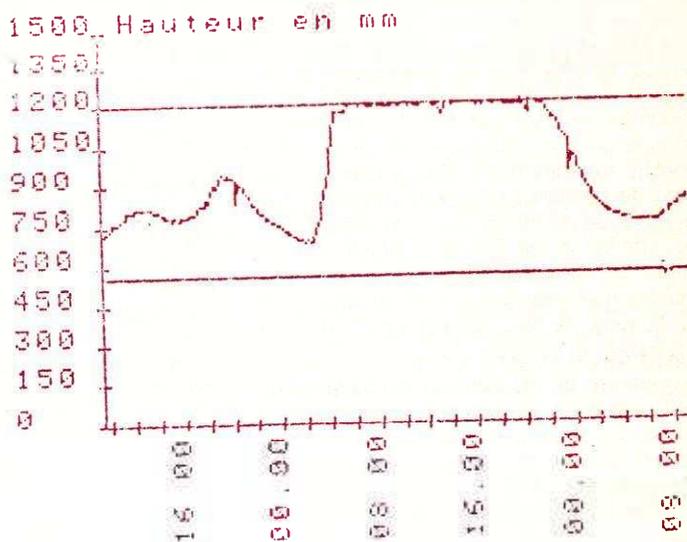


Figure n° 2.

Deuxième règle : l'appareil doit être préréglé et ne pas nécessiter d'étalonnage sur le site ; il est en effet impossible de produire à la demande des événements couvrant toute la gamme de mesure ; par ailleurs il n'existe pas d'étalon hydraulique commode respectant la première règle (penser aux turbines miniatures).

Au mépris de ces deux règles, tous les capteurs et dispositifs de l'hydraulique classique ont été essayés en égouts avec des bonheurs divers : ils donnent des renseignements précieux pour les bureaux d'études mais en aucun cas, ils n'ont les caractéristiques de fiabilité, de justesse et de longévité d'un compteur industriel.

En 1982, le simple énoncé des deux règles impose la solution :

— La première règle favorise énormément le choix d'un rayonnement comme principe de mesure : rayonnement électromagnétique ou rayonnement ultrasonore.

— La deuxième règle exige une mesure

simultanée de la surface mouillée et de la vitesse moyenne de l'écoulement.

Le rayonnement électromagnétique ne peut pas être retenu pour les égouts à cause de la dimension imposée aux inducteurs. Restent donc les ultra-sons qui permettent de mesurer aussi bien des distances que des vitesses moyennes avec une très faible consommation d'énergie.

4 Exemple et résultats :

Des débitmètres à ultra-sons équipent de plus en plus souvent les conduites d'eau potable, de pétrole ou de liquides industriels ; des appareils dérivés font leur apparition pour la mesure des vitesses dans les canaux découverts et un projet de norme ISO est en cours (DIS 6416, DIS 6418).

Il suffit donc d'utiliser une version conven-

ble de ces capteurs intégrés dans un dispositif compact respectant toutes les contraintes de l'égout.

Un tel dispositif équipe depuis quelques mois le collecteur principal du Syndicat Intercommunal de l'Orge qui a reçu une aide financière de l'Agence de Bassin Seine-Normandie pour cette innovation ; le collecteur est un tuyau circulaire non visitable de 1 200 mm de diamètre qui transporte les effluents de la Vallée de l'Orge (département de l'Essonne) depuis Villemoisson jusqu'au Sud d'Arpajon ; il se prolonge vers la Seine jusqu'à la future station d'épuration de Valenton au Sud de Paris.

L'originalité du système tient en partie au fait que les capteurs sont solidaires d'une vanne transparente à l'écoulement, ce qui permet de maintenir ce dernier pendant toute la phase d'installation (voir figure 1).

Les graphiques reportés en figure 2 sont obtenus par simple appel téléphonique de

la station qui conserve plusieurs jours de mesures en mémoire. On reconnaît les cycles journaliers pendant les périodes de temps sec avec cependant un débit important d'eaux parasites repérable pendant la nuit : certainement plus de 100 litres/seconde pour un débit moyen de 350 litres/seconde ; ce débit est difficile à chiffrer car l'étiage dans le collecteur est un convolution de tous les rejets élémentaires provenant de l'amont ; la contribution des plus éloignés peut être décalée de plusieurs heures. Pendant les périodes pluvieuses, le tuyau se met en charge et peut écouler jusqu'à 900 litres/secondes : il transporte alors, pour la plus grande part des eaux naturelles de surface.

On comprend bien sur cet exemple qu'un seul compteur permet de faire un diagnostic général mais que pour séparer les anomalies diffuses des anomalies locales en cours de crue, il faudrait disposer de quelques stations supplémentaires.

5 Un coup d'œil sur l'avenir : la gestion informatique des réseaux :

Tout le monde s'accorde à penser que les faibles taux de dépollution encore enregis-

trés sont de moins en moins dus au mauvais fonctionnement des stations d'épuration et que les défauts de collecte en sont largement responsables.

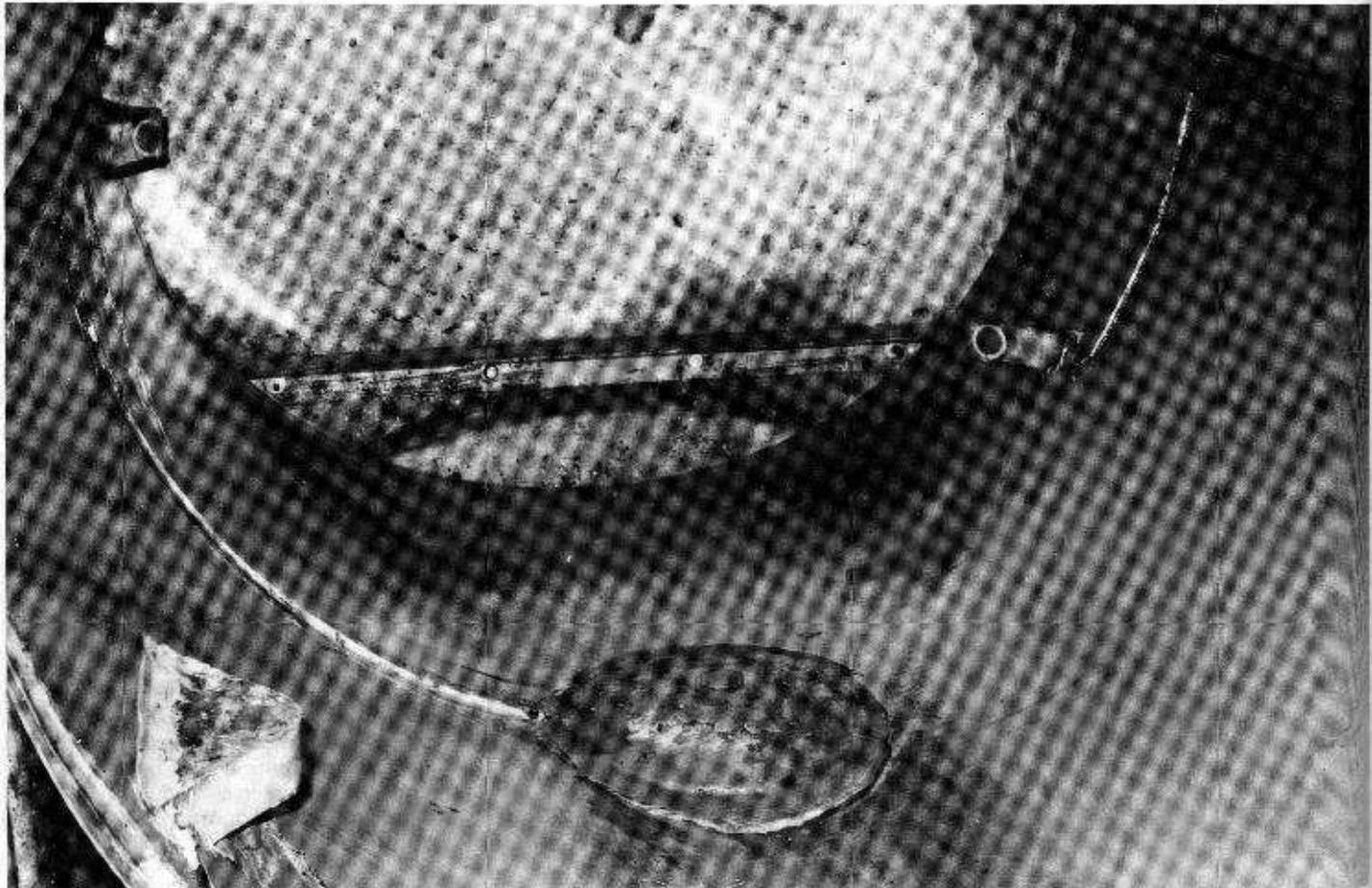
Il n'en reste pas moins que ces eaux diverses coulent et que même en les laissant le plus possible dans les rivières et dans les nappes, l'imperméabilisation croissante des zones péri-urbaines pose forcément un problème de quantité : il faut donc pour l'avenir concevoir le réseau d'assainissement comme un système à entrée aléatoire et à sortie régulée pour faciliter la tâche de l'usine de traitement ; tous les grands distributeurs de fluides nationaux pratiquent couramment ce type de gestion avec l'aide de plus en plus efficace de l'informatique, des automatismes et des télétransmissions.

En assainissement, il faut chercher à profiter du retard pris, pour sauter quelques étapes quand c'est possible ; c'est pourquoi le compteur d'eau usée se doit d'être un périphérique télématique intelligent : il possède de la mémoire pour conserver ses comptages en cas d'indisponibilité de ligne, il possède une unité de calcul pour délivrer et stocker un résultat en clair et bien sûr c'est un abonné P & T. Ce mélange du métier de mesureur et d'informaticien est désormais inévitable pour profiter de la baisse du coût des circuits à haute intégration et de la qualité bientôt parfaite des services standardisés des télécommunications.

On l'aura probablement remarqué, parler de la gestion informatique des réseaux d'assainissement par le biais d'un comptant aussi partiel que le compteur d'eau usée, tient quelque peu de la polémique. C'est que cette gestion, prise dans son ensemble, contient trop d'inconnues en particulier financières et politiques pour être appréhendée en bloc comme peut l'être un grand projet ferroviaire, routier ou énergétique ; les efforts seront donc obligatoirement dispersés dans le tissu industriel français : techniques de réhabilitation, d'auscultation, de modélisation, de régulation.

Les exploitants, assistés par les organismes techniques et financiers nationaux ou régionaux auront à faire le lien et la sélection entre les différentes techniques et les différents produits proposés pour couvrir, c'est à craindre, des besoins souvent très immédiats. Le comptage, logiquement, est un de ces besoins.

Sonde de hauteur et sonde de vitesse scellées dans le gabarit.



Auscultation et réhabilitation des réseaux d'assainissement

par Philippe de la CLERGERIE,
Directeur général de Laterini S.A.

Introduction

Durant toutes ces dernières années, un effort très important a été assuré par les collectivités locales pour s'équiper en matière d'assainissement, effort qui s'est traduit notamment par la pose de centaines de milliers de kilomètres de canalisations enterrées, destinées à l'évacuation des eaux usées des habitations.

Les eaux usées ainsi collectées sont acheminées vers des stations d'épuration collectives pour être traitées avant le rejet dans le milieu naturel.

Les dimensionnements des ouvrages — réseaux, postes de relèvement intermédiaires, stations d'épuration — ont été calculés en tenant compte d'un débit journalier correspondant, sauf cas particuliers, aux seuls rejets des eaux usées ou industrielles et à l'exclusion des eaux pluviales ou des eaux de drainage.

Le bon fonctionnement des ouvrages d'assainissement suppose donc qu'il n'y ait pas d'introduction d'eaux parasites, introductions qui sont malheureusement très souvent constatées du fait d'une mauvaise étanchéité des réseaux (joints défectueux, fissures) ou du fait du raccordement d'eaux pluviales en provenance des habitations.

Ces introductions d'eaux parasites dans les ouvrages d'assainissement ont de multiples conséquences, dont notamment :

- une surcharge hydraulique venant gêner le processus de traitement dans les stations d'épuration et qui, dans de nombreux cas, est à l'origine de leur mauvais rendement ;
- une dépense en énergie supplémentaire notamment au niveau des stations de relèvement ;
- des perturbations diverses au niveau des réseaux eux-mêmes (mise en charge des réseaux, inondation de caves, introduction de sable).

Afin de remédier à ces anomalies, il est nécessaire d'entreprendre dans un premier temps une auscultation des réseaux qui permet de connaître la nature et l'emplacement des perturbations, suivie dans un deuxième temps de travaux de réhabilita-

tion destinés notamment à assurer l'étanchéité des ouvrages.

Ces travaux de réhabilitation font de préférence appel à des techniques permettant d'intervenir par l'intérieur des canalisations évitant ainsi l'ouverture de fouilles souvent coûteuses et gênantes pour la circulation.

L'auscultation des réseaux d'assainissement

L'auscultation d'un réseau d'assainissement s'effectue en plusieurs phases respectant une approche du problème allant du général vers le particulier.

La première phase dite de diagnostic consiste à recueillir l'ensemble des données relatives au fonctionnement des ouvrages en commençant par l'exutoire, puis sur les différents points clés du réseau. On effectue par différents moyens une série d'observations et de mesures permettant d'apprécier la nature et le volume des eaux parasites.

Ces observations doivent être effectuées en différentes périodes de l'année, par temps sec et par temps de pluie.

L'observation des débits de nuit, entre 3 heures et 5 heures du matin donne par exemple une bonne indication sur la présence d'eaux de drainage des nappes. De même, l'étude comparative entre les hydrogrammes et les hiétochromes permet d'apprécier l'incidence des eaux de pluie dans le fonctionnement du réseau.

L'étude de diagnostic qui peut durer plusieurs mois doit permettre de connaître :

- la nature des eaux parasites (eaux de nappe, eaux de pluie) ;
- les volumes approximatifs par nature d'eaux parasites ;
- la localisation des secteurs sensibles à l'introduction d'eaux parasites et pour lesquels devra être envisagée une inspection.

La deuxième phase dite d'inspection permet de localiser avec précision l'origine des introductions d'eaux parasites. Elle est effectuée en utilisant différentes méthodes dont notamment l'inspection par caméra

de télévision dans les réseaux non visitables, les tests à l'air pour le contrôle de l'étanchéité des joints et les tests fumée pour la recherche des raccordements d'eaux pluviales sur les branchements d'eaux usées.

L'inspection par caméra de télévision des réseaux d'assainissement non visitables devient désormais une pratique courante de plus en plus sollicitée par exemple, dans le cadre des réceptions de réseaux neufs. En effet, une inspection télévisée permet de déceler de façon précise tous les défauts, tels que :

- cassure ou fissure des tuyaux ;
- joint déboîté ou joint décalé ;
- branchements ou racines pénétrantes ;
- contrepente ;
- obstacle ou élément étranger dans la canalisation.

Les inspections sont faites à l'aide d'un fourgon-laboratoire équipé d'une caméra étanche disposant de son éclairage et montée sur un chariot automoteur permettant son déplacement dans la canalisation. La caméra est reliée par un câble multi-conducteur à un ensemble de contrôle et l'opérateur peut suivre de l'intérieur du fourgon le déroulement des images sur un écran vidéo tout en assurant la télécommande du chariot.

Un dispositif photographique permet de fixer les images des anomalies constatées sur l'écran après identification de la prise de vue grâce à l'inscription, à l'aide d'un générateur de caractères, d'un texte en superposition sur l'image.

Le déroulement de l'inspection peut également être enregistré sur un magnétoscope à cassette.

Le coût de l'ensemble du matériel varie actuellement entre 400 000 et 600 000 francs et la mise en œuvre nécessite une équipe de deux agents dont un technicien expérimenté. De ce fait, un grand nombre de collectivités préfère s'adresser à des sociétés spécialisées pour effectuer les inspections télévisées de leurs réseaux d'assainissement.

Le test à l'air des joints est un complé-

ment indispensable à l'inspection télévisée pour contrôler leur bonne étanchéité. En effet, lorsque la nappe phréatique est plus basse que la canalisation, il n'est pas possible de détecter par caméra de télévision les infiltrations d'eaux parasites. Seuls les tests à l'air des joints le permettent. Pour cela, on dispose de manchons gonflables qui sont positionnés à l'aide de la caméra au droit des joints à tester. Une fois le manchon mis en place, on procède à l'injection d'air sous 0,5 à 1 bar de pression et l'on observe sur le manomètre de contrôle la bonne ou la mauvaise tenue de la pression d'air.

La détection des branchements clandestins d'eaux pluviales sur les réseaux d'eaux usées peut être facilement réalisée par le **test fumée**. On injecte par un regard de visite dans un tronçon de canalisation la fumée d'une bombe fumigène à l'aide d'un groupe de ventilation forcée. La fumée chemine dans la canalisation et les branchements pour ressortir par les orifices ouverts à l'air libre (grilles, gouttières, etc).

L'ensemble de ces opérations permet de localiser avec précision les lieux d'introduction d'eaux parasites dans les réseaux d'assainissement. Il reste ensuite à assurer les travaux de réhabilitation.

La réhabilitation des réseaux d'assainissement

Jusqu'à un passé récent, la réhabilitation d'un tronçon détérioré s'effectuait traditionnellement par l'ouverture d'une fouille et le remplacement du tronçon ou des tuyaux endommagés.

L'augmentation du coût des travaux et les

difficultés d'intervention surtout en milieu urbain (encombrement du sous-sol, gêne des usagers) et l'utilisation des nouveaux moyens d'inspection ont contribué au développement de nouvelles techniques de réhabilitation par l'intérieur même des ouvrages.

Parmi ces techniques, on peut citer :

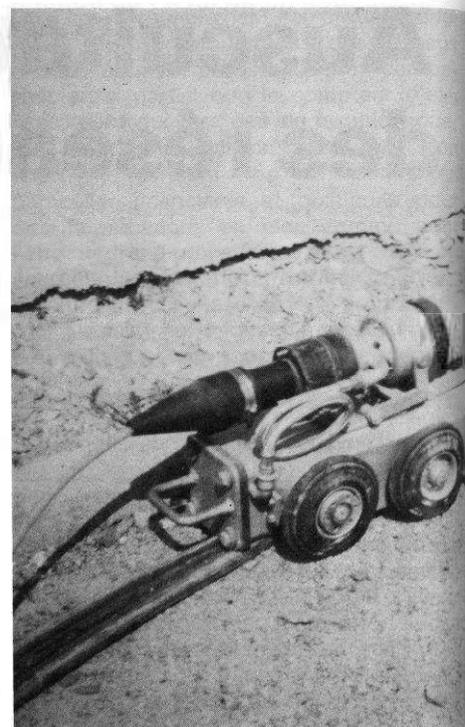
- le fraisage des racines, des branchements pénétrants ou de tout autre obstacle dur à l'intérieur des canalisations ;
- l'injection de produits colmatants (résines, mortiers spéciaux) au niveau des fissures ou des joints défectueux ;
- le tubage par éléments PVC ou polyéthylène à l'intérieur de la canalisation défectueuse ;
- le gainage intérieur d'un tronçon de canalisation.

L'étanchement des joints s'effectue par injections de ciment, de polyuréthane ou de résine acrylique :

— **Le ciment** généralement associé à la bentonite n'est plus que rarement utilisé dans des canalisations non visitables compte tenu des difficultés de mise en œuvre.

— **Les polyuréthanes** utilisés dans certains cas particuliers font prise au contact de l'eau par expansion de leur volume (jusqu'à plus de 10 fois le volume initial) et deviennent caoutchouteux. Toutefois, en raison de leur faible viscosité, ils pénètrent peu dans le sol environnant le joint.

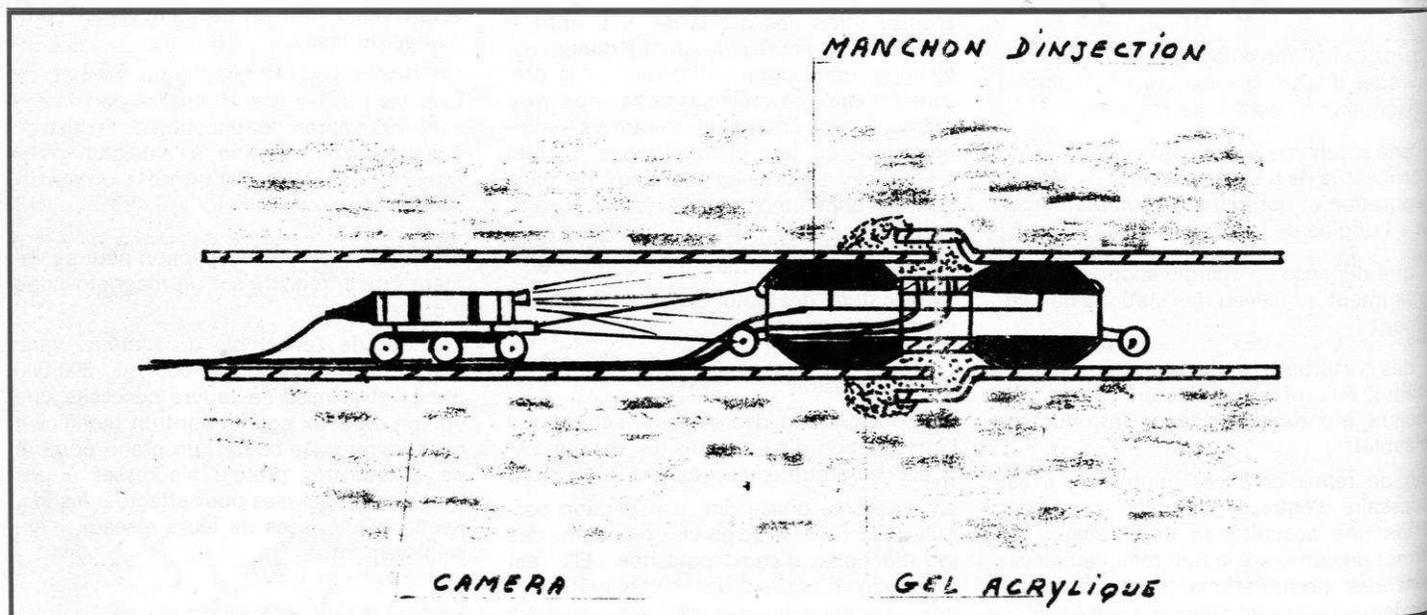
— **Les résines acryliques** sont les plus couramment utilisées. Le produit d'étanchement est en fait la combinaison de deux monomères organiques et d'un catalyseur qui permet la polymérisation du produit sous forme d'un gel. Le temps de polymérisation peut varier de quelques secondes à plusieurs minutes suivant les proportions utilisées. Lors de l'injection, la très faible

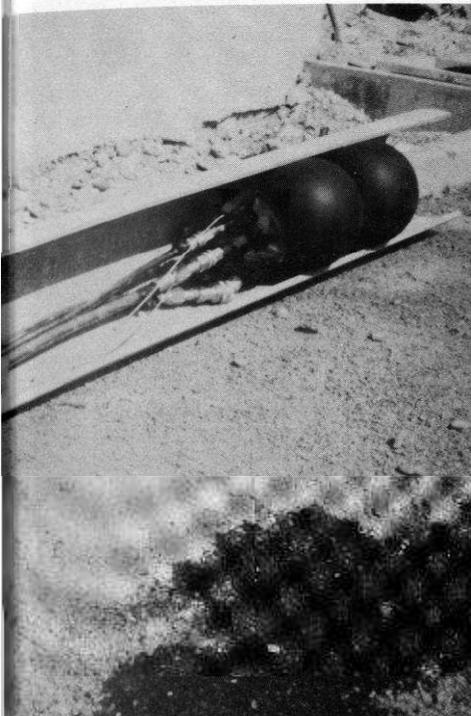


Caméra mobile et manchon d'injection.

viscosité de certaines résines acrylamides (1,2 centipoises) permet une bonne migration du mélange qui pénètre ainsi dans tous les interstices du joint et du sol. Après polymérisation, le gel obtenu garde une souplesse suffisante pour continuer à adhérer à la canalisation même en cas de légers tassements différentiels au niveau du joint.

La technique de tubage consiste à chemiser la canalisation défectueuse par un tuyau formé d'éléments assemblés au fur et à mesure de son introduction au niveau d'un regard de visite ou d'un puits d'accès.





Manchon d'injection.

La mise en place à l'intérieur de la canalisation s'effectue par tractage ou par poussée du train de tubes. L'espace annulaire compris entre la canalisation et le tuyau est généralement rempli par un matériau de garnissage injecté à partir des extrémités.

L'assemblage des éléments est assuré :

- soit par collage, utilisé principalement pour les tuyaux PVC ;
- soit par thermosoudage, utilisé notamment pour les tuyaux souples en polyéthylène ;
- soit éventuellement par emboîtement à vis ou à joint caoutchouc.

Le fraisage des racines peut être effectué à l'aide de différents outils mécaniques introduits à l'intérieur de la canalisation à partir des regards de visite. Ces outils sont plus ou moins performants suivant leur conception.

Le fraisage hydromécanique faisant appel à la haute pression d'eau d'un camion de curage hydrodynamique est, certainement à l'heure actuelle, le plus performant. La technique de mise en œuvre est la même que celle du curage des canalisations.

L'appareil est constitué d'un moteur hydro-mécanique entraînant un porte-outil circulaire adapté au diamètre de la canalisation, sur lequel sont adaptés différents outils de coupe tels que :

- lames de scie pour le fraisage des racines ;
- fraises acier pour le fraisage des branchements pénétrants ;

— fraises au carbure pour le fraisage des dépôts durs tels que la laitance de ciment.

Les techniques d'injection de produits colmatants permettant notamment d'assurer l'étanchéité des joints défectueux, mettent en œuvre un manchon gonflable qui est positionné au droit du joint défectueux à l'aide d'une caméra de télévision. Le manchon est gonflé sous pression de part et d'autre du joint de manière à créer une chambre d'injection annulaire. Le produit colmatant est ensuite envoyé sous pression depuis l'extérieur dans la chambre d'injection d'où il pénètre dans le joint défectueux pour se répartir dans le sol environnant. Lors de sa prise en masse, il se forme un amalgame de terre et de produit qui adhère à la canalisation et assure l'étanchéité du joint. Après étanchement du joint, le manchon est dégonflé puis retiré.

Les principales qualités requises au niveau du produit colmatant sont :

- une faible viscosité au moment de l'injection ;
- le maintien de l'élasticité du joint ;
- une bonne résistance dans le temps à l'eau et aux agents chimiques éventuels ;
- l'absence de toxicité ;
- une bonne adhérence au support.

L'avantage de cette technique est de permettre une réhabilitation à caractère structurant du fait de la rigidité du matériau utilisé. Par contre, elle présente deux inconvénients essentiels qui sont d'une part, une réduction de la section d'écoulement et d'autre part, d'être généralement amené à

faire des fouilles au droit des branchements pour assurer leur remise en service.

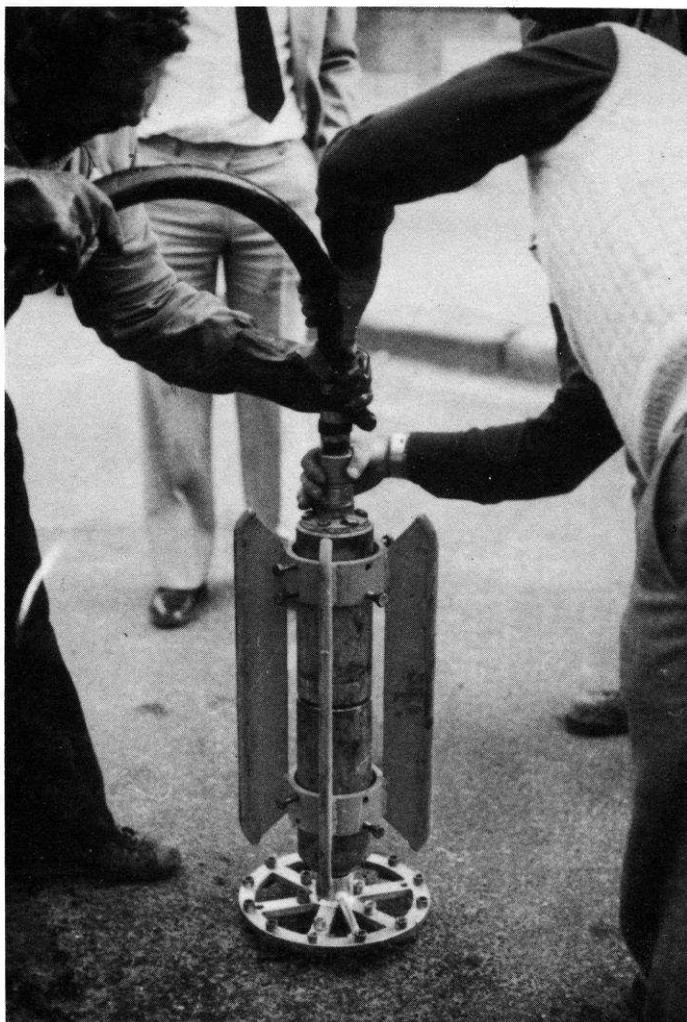
Enfin, **les techniques de gainage** d'un tronçon de canalisation permettent dans certains cas de défauts de structures importants, notamment de déjoints, d'apporter une solution originale.

Ces techniques consistent en la mise en œuvre d'une gaine souple, préalablement enduite de résine thermodurcissable et introduite à l'intérieur des tronçons de canalisation à réhabiliter soit par tractage, soit sous l'effet de la pression d'une colonne d'eau (méthode dite d'inversion).

Une fois la gaine mise en place, elle est placée sur les parois de la canalisation par la pression de l'air ou de l'eau. Il reste ensuite à chauffer l'ensemble pour permettre la polymérisation de la résine. Ces techniques relativement récentes ont été mises en œuvre pour la première fois en Angleterre au début des années 1970. Leur prix de revient reste néanmoins relativement élevé.

En conclusion

Il y a lieu de souligner l'importance qui doit être accordée à la bonne étanchéité d'un réseau d'assainissement. L'expérience prouvant malheureusement qu'un grand nombre de réseaux ne sont pas étanches par suite de l'existence d'anomalies telles que joints défectueux, fissures, tuyaux décalés, branchements défectueux, il y a lieu d'être particulièrement attentif au niveau du contrôle régulier de l'état des canalisations. Ces contrôles peuvent être facilement réalisés par caméra de télévision

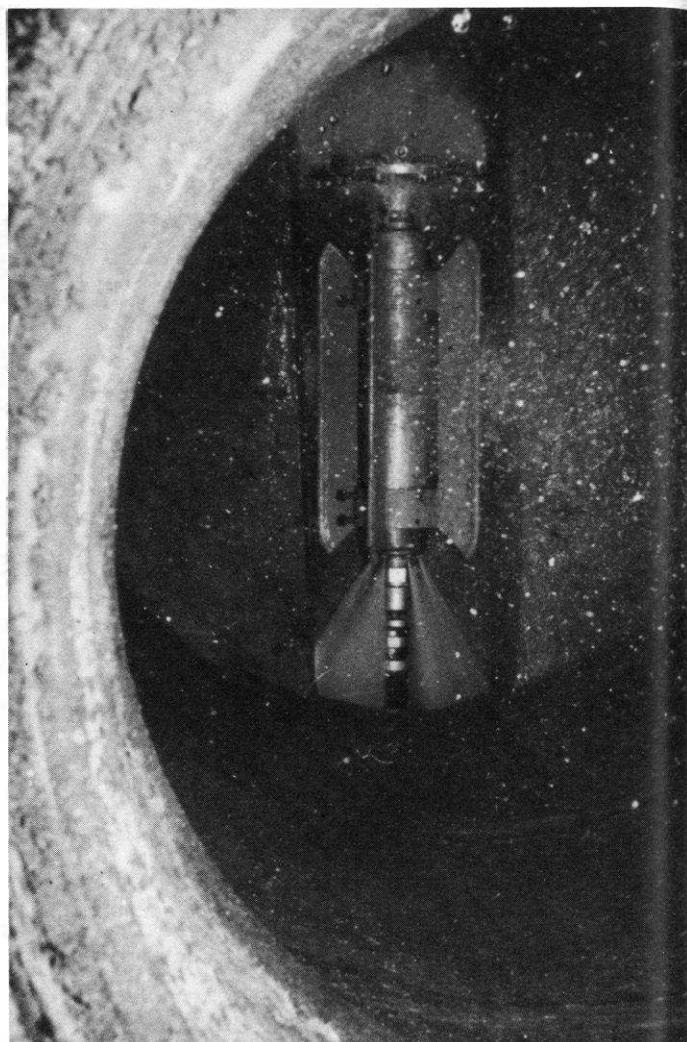


Fraisage hydrodynamique pour l'enlèvement des racines.

et par des tests d'étanchéité, notamment au moment des réceptions des réseaux neufs.

Les anomalies ainsi constatées peuvent être dans la majorité des cas, réparées par l'intérieur des canalisations, même dans des ouvrages non visitables (diamètre 150 à 800 mm) par la mise en œuvre de technique moins coûteuse que celle qui consiste à ouvrir la chaussée pour remplacer le tronçon ou les tuyaux défectueux. Certaines de ces techniques relativement récentes manquent de recul pour permettre une connaissance de l'évolution ultérieure des réseaux ainsi réhabilités. Néanmoins, certains techniciens s'accordent pour penser que la plupart des procédés habituellement mis en œuvre offrent une probabilité de durée supérieure à 20 ans.

C'est ainsi que l'injection de résines acryliques pour l'étanchement de joints est utilisée aux U.S.A. depuis le début des années 1960 et des tests d'étanchéité effectués sur des joints traités il y a plus de quinze ans se sont avérés positifs.



forclum

société de force et lumière électrique

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

TOUTES INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES
TOUTES PUISSANCES

Chauffage - Climatisation - Énergie solaire

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

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

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

De l'eau de source pour Montpellier : la technique au service de l'écologie

par Jean ROMAN,
Directeur général des Services techniques de la Ville de Montpellier,
et Roger CALMELS,
Ingénieur à la Compagnie Générale des Eaux

Les installations souterraines de captage de l'eau de la Source du Lez ont été inaugurées le 9 décembre 1982, par MM. Michel Crépeau, Ministre de l'Environnement, et Georges Fréche, Député et Maire de Montpellier.

La Ville de Montpellier et ses environs sont donc désormais alimentés, en totalité, par l'eau de la Source. L'opération de captage profond de la Source du Lez revêt un caractère assez exemplaire, notamment pour trois raisons :

- les consommateurs bénéficient actuellement d'une eau de qualité, et à moindre coût (1/10 du prix de l'eau traitée) ;
- le patrimoine écologique du Lez de la source à l'embouchure, va pouvoir être sauvegardé et amélioré grâce à une action d'ensemble ;
- les installations font appel à une technologie de pointe mise au service de l'écologie et susceptible d'être utilisée dans d'autres régions karstiques en France et surtout à l'Etranger.

L'approvisionnement séculaire de la ville

Après un long Moyen Age où la Ville de Montpellier ne s'alimentait que par des puits, le développement urbain au 18^e siècle a conduit les autorités locales de l'époque à réaliser, dès 1766, la première alimentation de la ville par l'eau de la Source du Lez.

Les travaux menés à ce moment-là sont discrets, et peu connus pour la plus grande partie du trajet de l'aqueduc. Mais ils façonnent de manière décisive le centre ville par la création d'un ensemble unique

en France au 18^e siècle : l'association d'une place royale en forme de promontoire dominant le Languedoc, des Cévennes à la mer, avec ce paysage urbain caractéristique que forment les "arceaux".

Cette sorte de "Pont du Gard" urbain réalisé par un architecte gardois, né à quelques kilomètres de l'autre Pont du Gard, le vrai, se termine par un réservoir qui a pris la forme d'un véritable Temple de l'eau.

Définitivement marquée dans sa structure par ce cordon ombilical grandiose avec la Source du Lez, la ville n'a pas cessé jusque dans les années de 1940 de renforcer son approvisionnement à partir de cette source (Pose d'une canalisation Ø 1 000 en 1930 et réalisation d'un réservoir de 24 000 m³ en 1940).

L'aventure moderne

C'est alors que commence à Montpellier l'explosion démographique qui se poursuit aujourd'hui et semble-t-il pour longtemps encore.

La ville manque d'eau, la décision est prise de réaliser un approvisionnement d'appoint à partir de l'eau en provenance du Rhône par les 70 km du canal de la Compagnie Nationale d'Aménagement du Bas-Rhône Languedoc réalisé au départ à des fins exclusivement agricoles. Une usine de traitement de 500 l/s est ainsi mise en œuvre au sud de la Ville.

La poursuite du développement dans les années 1970 place à nouveau la ville devant un choix important d'investissement. Le choix entre l'eau du Rhône et l'eau du Lez.

L'eau du Rhône apparaît comme une eau de surface drainant un bassin industriel important et son coût de production pour la ville, y compris le traitement, est de 1,50 F par m³.

A l'opposé, les ressources apparemment très importantes de la Source du Lez (pouvant fournir 3 m³/s environ) proviennent du bassin hydrogéologique de 1 200 km² que la dépopulation rurale et l'absence de développement industriel ont protégé de toute pollution. Le coût au m³, y compris l'amortissement de la nouvelle station, est de 0,15 F.

Telles sont les données simples qui, en 1979, ont conduit la Municipalité de Montpellier à revenir à la Source d'approvisionnement historique. Ainsi démarre la nouvelle station de captage réalisée en souterrain dans le karst des garrigues montpelliéraines.

Les nouvelles installations

A la suite d'un appel d'offres et d'un concours organisé en 1979, il est décidé de signer une convention entre la Ville de Montpellier et la Compagnie Générale des Eaux. Celle-ci s'engage notamment à assurer les travaux d'aménagement souterrains de la Source du Lez, l'entretien et le fonctionnement des ouvrages nécessaires.

Le but de la nouvelle station de captage des eaux de la Source du Lez, est de pouvoir assurer en permanence, à partir de cette Source, une production de 2 000 l/s. Il faut pour cela capter l'eau dans le conduit karstique en amont de la Source, en un point où les possibilités de rabattement de nappe soient suffisantes pour obtenir le débit précité.

Le site retenu se trouve à environ 500 m en amont de la source et les nouvelles installations autorisent un rabattement de 30 m. Le projet consistait à réaliser une usine souterraine (L = 19 m ; l = 8 m ; h = 11 m) afin de diminuer la hauteur de refoulement de l'eau et assurer ainsi une optimisation des économies d'énergie. Cette usine est reliée :

1 - au conduit karstique naturel par l'intermédiaire de quatre forages tubes (Ø 1 800 mm, profondeur 50 à 55 m). Trois de ces forages sont équipés de pompes immergées (débit unitaire 1 000 l/s). Le quatrième est destiné aux futures reconnaissances aquatiques ;

2 - à l'adduction existante par l'intermédiaire d'une galerie (L = 230 m, section circulaire Ø fini : 1,80 m), cette galerie étant en charge lors de l'exploitation ;

3 - à la surface grâce à 2 puits (Ø fini : 3,20 m, hauteur 30 m). L'un des puits est destiné à la manutention des équipements. L'autre, muni d'un ascenseur, est réservé à l'accès du personnel. C'est en tête de ce puits que se trouve le bâtiment de commande.

Une première technique

Un jour de mai 1979, les plongeurs d'Hydrokarst travaillant pour le compte de la COMEX, explorent sur 530 m de long le dédale de la galerie souterraine qui aboutit à la vasque naturelle de la résurgence. Ils étaient, ce jour-là, à moins de 75 m et à 15 m au-dessous du niveau de la mer : un exploit de niveau mondial.

C'est un peu l'ensemble du projet que cette performance illustre : originalité, technique et courage.

— C'est la première fois en Europe qu'un captage d'eau de cette importance est réalisé dans le réseau de galeries souterraines généralement présent en milieu calcaire. Il s'agit d'un calcaire très résistant 1 600 bars et de très forte densité 2,6, c'est-à-dire quasiment la densité du marbre.

Mais si la juxtaposition de la base hydrogéologique calcaire et de fortes populations est assez rare en Europe, elle est en revanche très répandue dans le Monde et cette première européenne peut ouvrir des horizons à l'exportation des technologies françaises.

— Une autre originalité est l'association des pompes immergées avec la technique de la vitesse variable par variation de fréquences. Les hauteurs de refoulement imposées au système peuvent varier de 5 à 40 m.

— L'étanchéité de l'usine a été réalisée jusqu'à la cote 74 qui est à la cote supérieure aux plus hautes eaux connues.



— Notons aussi quelques autres particularités intéressantes de technique de chantier :

• **le déroctage à l'oxygène liquide** : le creusement de la galerie s'est opéré à l'aide de l'oxygène liquide : une méthode de désagrégation douce pour une roche très dure.

La vitesse particulière de l'oxygène liquide est de 90 % inférieure à celle admise pour les explosifs. Les opérations se sont déroulées sous la surveillance permanente du CETE d'Aix-en-Provence.

• **le forage des puits** : le forage a été entrepris à partir de la salle souterraine, il met en œuvre des diamètres très impor-

tants et une technique habituellement utilisée pour les forages pétroliers, mais originale en matière d'eau. Les quatre forages ont été réalisés en diamètre 1 800 mm les tubes-aciers utilisés avaient une masse de 20 tonnes.

L'eau était injectée par la périphérie et les matériaux à extraire remontaient par l'axe central.

• **les forages supérieurs** : la cage de descente de l'ascenseur et les puits de descente du matériel, ont été réalisés selon la technique du "raise boring" ; un alésoir de 3,60 m de diamètre avec évacuation des déblais vers le bas.

La Vie du Corps des Ponts et Chaussées

FORMATION CONTINUE ENPC

Depuis plusieurs années les économies d'énergie constituent une préoccupation importante dans le domaine routier. Les ingénieurs se préoccupent en particulier du problème des économies de bitume dans la construction et l'entretien des routes.

C'est pourquoi la Direction des Routes a pris certaines mesures favorisant l'emploi des chaussées faiblement consommatrices de bitume, en particulier des chaussées rigides. Bien que ce type de structure soit encore peu employé en France en dehors des autoroutes, un très important travail de recherche et de réflexion, réalisé ces dernières années, a permis d'améliorer considérablement le comportement des chaussées en béton, les rendant plus sûres que celles construites antérieurement.

L'École Nationale des Ponts et Chaussées a donc décidé d'organiser les 22 et 23 mars 1983 deux journées d'étude qui présenteront le bilan de ces améliorations ainsi que les plus récentes innovations dans ce domaine.

La présence de conférenciers européens et américains permettra de présenter les principales évolutions et adaptations qui ont été apportées à la technique de chacun de leur pays ainsi que les politiques qui y sont mises en place.

Ces journées d'étude seront coordonnées avec celles d'un colloque AIPCR, les 24 et 25 mars, sur le drainage et l'érodabilité des fondations des chaussées en béton.

Les chaussées rigides

Journées d'étude placées sous la présidence **M. JEUFRROY**
Professeur du Cours de Routes - École Nationale des Ponts et Chaussées
Président Directeur Général de la Société des Autoroutes Paris-Est-Lorraine

Le point des techniques en France et à l'étranger

Paris, 22 et 23 mars 1983

Langues : Français-Anglais — Traduction simultanée

Mardi 22 mars

Accueil

Introduction des journées

M. PAREY
Ministère des Transports,
Service des Études, de la Recherche
et de la Technologie

Technique et politique française des chaussées en béton

M. RAY
SETRA,
Division des Chaussées

Chaussées en béton et béton armé continu en Belgique

M. LEYDER
Centre de Recherches Routières,
Belgique

Routes en béton ; renforcement et reconstruction d'autoroutes en RFA

M. NEUSSNER
Direction des Routes, RFA

Chaussées neuves : recherches et développements en Californie

M. WOODSTROM
Department of Transportation California,
Sacramento, USA

Routes rurales en béton en Suisse

Pratique espagnole et synthèse des pratiques européennes

L'entretien et le renforcement des chaussées en béton en Californie

Innovations et perspectives aux USA et en Europe

M. WILK
Routes en béton S.A., Suisse

M. KRAEMER
Direction des Routes, Espagne
Président du Comité des Routes
en béton de l'AIPCR

M. WOODSTROM
Department of Transportation California,
Sacramento, USA

MM. WOODSTROM
KRAEMER
RAY

Motion spéciale votée en A.G. le 6 janvier 1983 à l'occasion du départ du Président Rudeau

"L'Assemblée Générale de l'A.N.I.P.C., émue par l'attitude morale du Président Rudeau, le remercie profondément du signe qu'il a donné".

Monsieur Raoul Rudeau
Vice-Président du Conseil
Général des Ponts et Chaussées

Paris, le 30.01.82

Mon cher Président,

Au nom de l'A.N.I.P.C., je voudrais te dire toute l'émotion que nous avons ressentie en apprenant que tu avais demandé à être déchargé de tes fonctions de Vice-Président du Conseil Général des Ponts et Chaussées.

Nous savons que tu as pris cette décision pour exprimer, avec tout le poids de ton autorité morale, ton inquiétude face à celles des orientations des réformes en cours qui peuvent porter atteinte à l'organisation et à l'efficacité des services publics. Nous savons que cette décision a dû être pour toi un déchirement.

Nous souhaitons que ton geste, qui frappera j'en suis sûr tous nos camarades, soit pour eux une incitation à ne pas être absents des vastes débats en cours, car l'avenir de notre pays dépend de leur bon aboutissement et les fonctionnaires que nous sommes ont le devoir d'y apporter leur contribution.

Nous devons nous poser, lors de l'assemblée générale du 6 janvier, les questions que tu t'es toi-même posées. Je souhaite qu'il se dégage de la discussion la ferme volonté de tout faire pour que soit reconnu l'atout que constituent des administrations techniques de qualité, capables d'apporter aux collectivités locales comme à l'État une capacité d'analyse, de conception et d'exécution que beaucoup de pays nous envient.

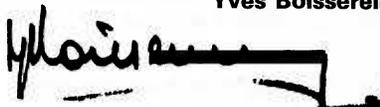
L'existence de ce réseau de compétences est, à nos yeux comme aux tiens, une des premières conditions de la réussite de la décentralisation.

Je voudrais enfin te remercier de la compréhension attentive que tu nous as toujours témoignée et te redire

toute l'estime et l'amitié que te portent nos camarades.

Ton dévoué,

Yves Boissereinq



Paris, le 31.01.82

Monsieur Yves Boissereinq
Président de l'Association Nationale
des Ingénieurs des Ponts et Chaussées
28, rue des Saints-Pères
75007 Paris

Mon cher Président,

Ton aimable lettre du 30 décembre 1982 est, dans ces instants pour moi pénibles un élément de réconfort, en ce qu'elle contient un signe de résolution des camarades d'être présents dans les vastes débats en cours, et exprime avec clairvoyance la nécessité de maintenir la fonction publique au niveau de qualité nécessaire à la pleine réussite de la décentralisation.

Nos services, malgré les critiques dont ils font l'objet, n'ont pas, à mes yeux, démerité, et si, çà et là, quelques erreurs ont pu être commises, elles ne doivent pas être toutes portées au passif de tous les services ; leur actif, par exemple la réussite des équipements dont ils ont la charge, ou la prise en compte, partout, des contraintes de l'urbanisme, est suffisant pour qu'ils ne soient pas saisis d'un complexe d'incapacité professionnelle.

Je te prie de croire, mon cher Président, à l'assurance de mes sentiments cordialement dévoués.

Raoul RUDEAU



ASSEMBLÉE GÉNÉRALE DU 6 JANVIER 1983



M. Belmain.

Résultats du vote pour l'élection du bureau :

Suffrages exprimés	353
Bulletins nuls	2
Bulletins blancs	2

Ont obtenu en voix :

Belmain	347
Berthier	348
A. Bernard	348
J.-C. Chantereau	346
R. Eladari	348
J. Fischer	349
P. Fleury	348
C. Gressier	347
Marzin	349
C. Pradon	349
M. Quatre	348
D. Sene	345

M. Belmain remercie les membres de l'association pour la confiance témoignée au nouveau bureau, ainsi que Y. Boissereinq pour ses deux années de présidence.

REPONSES IMMEDIATES A 6 QUESTIONS SUR L'EAU

Si votre réseau d'eau ou d'assainissement vous pose quelques problèmes de réglage, de protection, de mesure, ou même de dépollution : envoyez le coupon qui vous concerne avec votre carte professionnelle ou téléphonez.

Il y a dans notre nouvelle documentation

une grande partie de l'expérience et du savoir-faire de Neyrtec et sans doute, le remède à votre problème.

 **NEYRTEC**
ETABLISSEMENT DE GRENOBLE DE:
ALSTHOM-ATLANTIQUE

B.P. 61 X - 38041 Grenoble Cedex - France
Tél. (76) 98.81.98 - Télex 320.547 F



Comment mieux contrôler les écoulements à surface libre ?

- Equipements Neyrtec pour les bassins
– de retenue, de réception, d'orage, etc
– et les canaux.

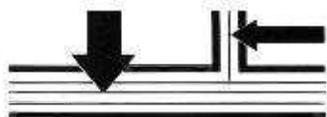
PCM



Comment mesurer efficacement les niveaux de retenues, canaux et rivières ?

- Instruments Neyrtec de mesure et de télémesure de niveaux.

PCM



Comment mieux sectionner et régler les écoulements en charge et protéger les conduites ?

- Equipements Neyrtec pour les conduites.

PCM



Comment mesurer facilement les vitesses et les débits des écoulements à surface libre ?

- Instruments Neyrtec de mesure de vitesses et de débits.

PCM



Comment passer sans difficulté des écoulements en charge aux écoulements à surface libre ?

- Equipements Neyrtec pour les prises d'eaux et les ouvrages d'extrémités.

PCM



Comment éliminer facilement les polluants de surface et traiter les boues de rejets ?

- Equipements Neyrtec de dépollution.

PCM

Neyrtec a le secret de l'eau

otv

otv
traitements et
valorisation

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

otv

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