

CONFÉRENCE PROFESSIONNELLE



- Le 26 Mars 1996 -

"La maîtrise des eaux pluviales"

AGENCE DE L'EAU
ARTOIS PICARDIE

SOMMAIRE

- 1 - **Les caractéristiques et la problématique des eaux pluviales**
René Lavarde - Adjoint au Directeur Lutte contre la Pollution
Agence de l'Eau Artois-Picardie

- 2 - **Les moyens de prévention des rejets pollués et des inondations**
Pierre Bourgoine - Directeur Technique adjoint - Service Eau
et Assainissement - Communauté Urbaine de Bordeaux

- 3 - **Le traitement des eaux pluviales, les résultats des essais pilotes menés à Douai**
Jacques Vandaele - Responsable des études eaux pluviales -
Ingénieur projet à la Direction Eaux Municipales de
DEGREMONT
Claude Delporte - Responsable des Etudes Pilotes au Centre
d'Etudes et de Recherches DEGREMONT

**LES CARACTERISTIQUES ET
LA PROBLEMATIQUE DES EAUX PLUVIALES**

René LAVARDE

*Adjoint au Directeur Lutte contre la Pollution
Agence de l'Eau Artois-Picardie*

Douai, le 27 février 1996

CARACTERISTIQUES ET PROBLEMATIQUE DES EAUX PLUVIALES

René LAVARDE*

L'assainissement est **traditionnellement** le moyen de **se débarrasser** vers **l'égout** de l'eau **et** des immondices. La prise **en compte** des problèmes de l'environnement et la raréfaction des **ressources en eau** ont amené à réaliser **le traitement des** effluents.

Si cela peut **être fait** à un **coût** raisonnable par temps **sec**, **les** rejets de **temps de pluie** posent un **problème très** important de **débit** instantané impossible à traiter, ce qui a amené la querelle **sans fin** du réseau unitaire et du réseau **séparatif**, la mise en **place coûteuse** de stockages du mélange d'eaux usées et d'eaux pluviales **pour** traitement ultérieur avec **les** problèmes de fermentation, d'odeur et d'entretien que **cela** comporte.

La **réelle** solution du problème réside dans **les techniques** de rétention de l'eau **à** la source, avant **qu'elle** ne **se pollue** par la mise en place de "techniques **alternatives**" : toitures **végétalisées**, chaussées poreuses, noues et **zones** vertes.

• Adjoint du Directeur "Lutte Contre la Pollution" - Agence de l'Eau Artois/Picardie,
764 Bd Lahure, BP 818, 59508 DOUAI Cédex - Tél : 27/99/90/00 - Fax : 27/99/90/15

René LAVARDE

1) ASSAINISSEMENT ET EVACUATION DES IMMONDICES

Dès le début de l'organisation de la vie en groupe, l'homme s'est aperçu qu'il était plus confortable et plus hygiénique d'évacuer ses eaux usées et ses immondices que de les laisser s'accumuler à proximité de son habitat.

Les Sumériens nous ont laissé des gravures de leurs réalisations en ce domaine, et le "cloaca maxima" de la Rome ancienne et son odeur, sont restés dans notre mémoire collective. C'est bien pour avoir oublié ce principe que les villes du Moyen Age enregistraient plus de morts que de naissances...

Avec le développement de la médecine et une meilleure connaissance de l'origine de la propagation des maladies, jointes à des épidémies dramatiques, en particulier de choléra, le 19^{ème} siècle vit se généraliser la mise en place de réseaux d'égouts permettant l'évacuation de l'eau avec l'exemple, en particulier, des réalisations de Belgrand à Paris.

Ces réseaux d'égouts n'avaient malgré tout qu'un objectif : rejeter les eaux usées et pluviales le plus vite possible à la rivière pour le plus grand bien des habitants concernés mais sans souci, ni de la rivière, ni des usagers de l'aval. La situation n'était supportable que par la faible utilisation d'eau et la collecte séparée des matières fécales par les vidangeurs.

Le 20^{ème} siècle a vu à la fois se développer l'adduction d'eau publique, les salles de bain, les WC à effet d'eau puis les machines à laver le linge et la vaisselle, les rejets industriels..

D'assainissement pluvial avec un peu d'eau usée, l'usage des égouts s'est transformé en évacuation d'eau usée plus ou moins diluée par la pluie.

La dégradation du milieu naturel qui en a résulté a amené les communes à aller chercher toujours plus loin l'eau propre dont elles ont besoin pour alimenter leurs habitants et les usines qui y sont implantées. La raréfaction des nouvelles ressources en eau et la qualité de plus en plus mauvaise du milieu naturel ont entraîné dans les années 60 une prise de conscience de la nécessité de la lutte contre la pollution.

2) UN GROS EFFORT DE PURIFICATION MAIS DES RESULTATS MODESTES

Cette prise de conscience a notamment amené la création des Agences de l'Eau puis à un effort très important de mise en place d'ouvrages de dépollution tant par l'industrie que par les collectivités locales.

Le résultat, en termes d'amélioration du milieu, s'est trouvé moins important que prévu, les ouvrages mis en place traitant correctement la pollution de temps sec pour les paramètres classiques (DBO₅, MeS), mais s'avérant incapables de faire face aux débits importants résultant des événements pluvieux.

Dans le meilleur des cas, ceux-ci sont rejetés par les déversoirs avant la station ; au pire, ils entraînent la pollution retenue par celle-ci dans les jours qui ont précédé la pluie. Ce phénomène est bien sûr surtout sensible pour les ouvrages des collectivités locales qui recueillent le plus d'eaux pluviales dans leurs égouts alors que les usines bénéficient souvent d'égouts séparés pour les eaux industrielles.

PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DE LA QUALITE DES EAUX DE RUISSELLEMENT URBAINES (mg/l)

Concentration en site urbain en mg/l			
Polluant	Coefficient de variation	Moyenne	Dépassée 10 % du temps
MeS	1,0-2,0	100	300
DBO ₅	0,5-1,0	9	15
DCO	0,5-1,0	65	450
P total	0,5-1,0	0,33	0,70
P partic.	0,5-1,0	0,12	0,21
NTK	0,5-1,0	1,50	3,30
NO ₂ +NO ₃	0,5-1,0	0,68	1,75
Cu	0,5-1,0	0,034	0,093
Pb	0,5-1,0	0,14	0,35
Zn	0,5-1,0	0,16	0,50

D'après EPA 1983

CONCENTRATIONS MOYENNES DES EAUX DE RUISSELLEMENT EN FONCTION DU TYPE D'OCCUPATION DES SOLS

Polluant	Zone Résidentielle		Zone Mixte		Zone Commerciale		Zone non Urbaine	
	Moyenne	Variance	Moyenne	Variance	Moyenne	Variance	Moyenne	Variance
DBO mgO ₂ /l	10,000	0,41	7,800	0,52	9,300	0,31	-	-
DCO mgO ₂ /l	73,000	0,55	65,000	0,58	57,000	0,39	40,000	0,78
MeS mg/l	101,100	0,96	67,000	1,10	69,000	0,85	70,000	2,90
Pb mg/l	0,144	0,75	0,114	1,40	0,104	0,68	0,030	1,50
Cu mg/l	0,033	0,99	0,027	1,30	0,029	0,81	-	-
Zn mg/l	0,135	0,84	0,154	0,78	0,226	1,10	0,195	0,66
NTK mg/l	1,900	0,73	1,290	0,50	1,180	0,43	0,965	1,00
NO _{2,3} mg/l	0,736	0,83	0,558	0,67	0,572	0,48	0,543	0,91
P total mg/l	0,383	0,69	0,263	0,75	0,201	0,31	0,121	1,70
P partic. mg/l	0,143	0,46	0,056	0,75	0,080	0,39	0,026	2,10

Ce résultat est véritablement une des surprises de la campagne. Si la décantation des matières en suspension apparaissait comme normale et classiquement prise en compte dans les réseaux à faible pente, elle a été observée à Flesselles dans un réseau en pente notable. En outre, tout s'est passé comme si les éléments polluants, tant en suspension qu'en solution, étaient retenus dans le réseau (sans doute les uns "piégés" par les autres).

Cette observation met en évidence un déversement important au déversoir d'orage lors de chaque événement pluvieux d'une certaine importance. De fait, la pollution rejetée par temps de pluie représente annuellement cinq fois plus que la pollution sortant de la station (après traitement). Toute progression de la lutte contre la pollution passe donc non pas par une augmentation du rendement d'épuration, mais bien par la réduction des rejets par temps de pluie.

5) QUELLES POSSIBILITES TECHNIQUES ?

L'idée qui vient tout de suite en tête est de traiter en station d'épuration l'intégralité des débits d'effluents produits, temps sec et temps de pluie. Techniquement, cette solution se heurte au problème des débits instantanés qui peuvent être dix fois, cent fois plus importants par temps de pluie que par temps sec. Les traitements connus ne peuvent accepter de telles variations.

Flesselles, avec une lagune de décantation et une filtration sur sable, utilise une des seules solutions possibles et efficaces avec un très bon rendement. Cependant, peu de communes disposent d'hectares disponibles à proximité avec un niveau de nappe permettant d'accueillir les débits à infiltrer.

5.1 - Les limites des stations d'épuration :

Les techniques actuelles de traitement biologique sont limitées par les capacités hydrauliques des ouvrages qui ne permettent guère plus qu'un traitement de trois fois le débit de temps sec. Ce rapport de débit ne permet d'accueillir que les ruissellements de très faible intensité.

5.2 - Le stockage :

La solution d'un bassin de stockage des effluents avant traitement est ce qui semble intéressant pour rendre compatible la variabilité des événements pluvieux avec la nécessaire stabilité du fonctionnement des stations.

Cette solution se heurte toutefois au double problème du coût des bassins (entre 3000 et 6000 Francs par m³ de capacité) et de leur faible efficacité (par définition, les bassins doivent être vides la plus grande partie du temps). C'est un palliatif qui a surtout sa place quand il faut protéger à tout prix un milieu sensible. C'est d'ailleurs principalement sur la zone littorale du Bassin qu'ont été implantées les réalisations de ce type.

Par ailleurs, ces bassins posent de redoutables problèmes d'exploitation avec la fermentation des effluents qui impose une vidange rapide, et la décantation qui entraîne la nécessité de curages fréquents, mais aussi des contraintes au niveau du traitement des boues lors de cette vidange de l'eau stockée. Les boues ainsi collectées par temps de pluie sont beaucoup plus minérales que celles produites par la station, et la généralisation de ce procédé pourrait occasionner, dans certains cas, une variabilité dans la qualité des boues produites d'un jour à l'autre.

'Caractéristiques et problématique des eaux pluviales'

De fait, la tendance actuelle à la mise en place de stations d'épuration en **aération prolongée** ayant une durée de vie des boues importante minimise ce problème mais ne supprime pas celui du transfert des boues.

Le principal handicap du **procédé** réside dans le fait que, quelque soit le volume d'un bassin (et donc son coût), il est malgré tout toujours, à un moment ou à un autre, insuffisant de stocker les quantités d'effluents pollués qui arrivent, soit que la pluie ait une importance trop grande pour le volume du bassin (effluent dilué) soit, plus grave, que le bassin soit déjà rempli par une pluie précédente (rejet d'effluents concentrés).

De fait, si cette technique a depuis longtemps eu les faveurs des techniciens et des **maîtres** d'ouvrages tant en France qu'à l'étranger, en Allemagne en particulier, elle tend **à être** remise en cause pour une meilleure **efficacité** de l'emploi des fonds disponibles. **Cela correspond plus à une réduction** des volumes à mettre en place qu'à un abandon de la technique, celle-ci voyant son efficacité améliorée par d'autres comme le traitement des surverses et les techniques 'alternatives'.

5.3 - Le traitement des surverses :

Pour **éviter** un fonctionnement en 'tout ou rien' des déversoirs, lié à un volume disponible ou non dans un bassin de stockage de pollution, on a imaginé de compléter la sortie en différé **vers la** station d'épuration par un traitement spécifique des effluents de temps de pluie, au moment de l'événement pluvieux.

Le principe est d'accepter une épuration plus modeste qu'en temps sec **plutôt** qu'un rejet d'effluents non traités. En pratique, les moyens mis en oeuvre correspondent à une décantation **améliorée** ou non par ajout de **floculants**. Les ouvrages **sont** de types divers (classiques décanteurs primaires, décanteurs lamellaires, bassins de stockage utilisés en **hydrocyclones**, lagunes de décantation...).

L'**idée** même de ce traitement est le piégeage des matières en suspension qui **semblait** un **élément** majeur de la pollution pluviale. Les constatations faites **sur la** pollution soluble qui a l'**impact** le plus immédiat sur le milieu naturel (oxygène dissous en particulier) relativise quelque peu l'**intérêt** du procédé (qui est à réserver aux aspects "effets à long terme" - **MeS**, Phosphore- quand le milieu y est sensible).

5.4 - Les techniques alternatives à l'assainissement

Le principe de **ces** techniques est d'éviter (ou de limiter) le ruissellement de l'eau de pluie sur les surfaces imperméables, ce ruissellement étant le fait générateur de la pollution (par reprise **des dépôts** se produisant par temps **sec**) et de limiter (voire supprimer) les débits à évacuer qui provoquent les entraînements de pollution **des** eaux **usées** vers les déversoirs d'orage.

Outre **leur** intérêt dans la lutte contre la pollution, **ces** techniques de réduction des débits sont, bien entendu, favorables **pour** lutter contre les inondations urbaines. C'est **même** dans nombre de **cas** la motivation première (Communauté Urbaine de Bordeaux, en particulier).

On y parvient en substituant aux matériaux imperméables **des** surfaces absorbantes permettant la rétention de l'eau de pluie, puis son acheminement ralenti vers un exutoire si **possible** différent du réseau d'égout traditionnel.

'Caractéristiques et problématique des eaux pluviales'

Les moyens sont **très** divers. On peut citer les toitures vertes (le "sol" sert d'éponge) les chaussées et parkings absorbants (revêtements poreux sur un sous-sol aménagé en réservoir de **plus** ou moins grande importance, avec une infiltration plus ou moins grande vers la nappe), les espaces verts en contrebas des voiries, les noues **enherbées** (comme des fossés traditionnels, mais traités de façon à accueillir l'eau de pluie et à l'infiltrer)...

Ces techniques tendent à remettre en place un équilibre préexistant entre la pluie et le milieu hydrique naturel.

6) EN CONCLUSION

Les déversements par temps de pluie sont devenus une cause principale de pollution du milieu naturel **en** provenance des zones urbanisées.

Les investissements à réaliser devront s'adapter progressivement à la réalité du terrain en faisant appel à toutes les ressources de la technique.

Le **traitement** global de l'ensemble des effluents étant a priori rarement réalisable, la palette de techniques à employer comprendra d'abord la remise en ordre des **réseaux séparatifs** et le **stockage/traitement des effluents** unitaires correspondants aux **petites** pluies de fréquence importante éventuellement couplé à un traitement des **surverses** de déversoir.

Les **véritables** actions préventives les plus efficaces pour la protection du milieu naturel sont les techniques **alternatives** à l'assainissement par canalisation, ces techniques **évitent** ou ralentissent **le** départ de l'eau vers **le réseau** d'égout de la pollution vers **le** milieu naturel.

Leur difficulté de mise en **application** est leur **côté progressif** (on ne change pas toutes les voiries d'une ville d'un seul coup), ce qui nécessite **de faire** appel, dans un premier temps, **même** de manière limitée, aux techniques curatives comme le stockage des eaux usées diluées et le surdimensionnement des stations.

BIBLIOGRAPHIE

- **Bâtiments verts - Toitures végétalisées** - CSNE "Groupe Toitures aménagées" - 28/2/1995
- **Dächer selbst begrünt** - Klaus OHLWEIN - Breitscheidstr. 15 D 3500 KASSEL (36 p - 1988)
- **Dachbegrünungen und Grasdächer** - KRUPKA BERND - Köln-Braumsfeld RMÜLLER (160 p - 1986)

(Tirée de "techniques alternatives en assainissement pluvial" Interagences & INSA
publié chez LAVOISIER 1194)

- **Alfakih E. 1991** *Approche globale pour la conception des technologies alternatives en assainissement pluvial intégrées à l'aménagement*. Thèse DI : Université de Claude Bernard-Lyon 1, 1991 - 263 p.
- **Alfakih E. Azzout Y., Barraud S., Cres FN 1994**. *Trois sites expérimentaux de techniques alternatives en assainissement pluvial*. Marseille : Hydrotop, 1994 - p 650/658.
- **Alfakih E. Barraud S., Cres F.N., 1992**. *Nouvelle approche pour la conception des technologies alternatives au réseau de conduites*. Lyon : GRAIE, EURYDICE, NOVATECH, 1992 - p 235/245.
- **Anelli-Monti O., 1990**. *Importance des revêtements modernes et aspects économiques déterminants pour les concessionnaires d'autoroutes*. Revue générale des routes et aéroports, 1990 - n° 675, p 55/56.
- **Associations des anciens élèves de l'ENPC, 1978**. *Evacuation des eaux pluviales urbaines*. Paris : collection de la formation continue de l'ENPC, 1978. 166 p.
- **Azzout Y., Alfakih E., Barraud S., Cres F.N., 1992** *Etude bibliographique sur l'utilisation des puits pour l'assainissement pluvial*. Lyon : INGUL, rapport à paraître, 1994 - 25 p.
- **Azzout Y., Alfakih E., Barraud S., Cres F.N., 1994**. *Suivi de la mise en œuvre de la chaussée à structure réservoir de Craonne*. Lyon : INGUL, rapport à paraître, 1994 - 25 p.
- **Bacoch A, Mouchel JM., Chebbo G., 1992**. *La pollution des rejets pluviaux urbains : son importance, ses caractéristiques, quelques éléments sur les origines et son interception*. Paris : rapport CERGRENE. 1992 - 15 p.
- **Backat Abdeslam, 1991**. *Etude de l'efficacité des avaloirs pour la rétention des matières en suspension*. Strasbourg : ENITRTS, 1991. Mémoire de fin d'étude - 21 p.

"Caractéristiques et problématique des eaux pluviales"

- **Balades JD., 1993.** *Éléments de coût.* Paris : stage ENPC de formation sur l'assainissement pluvial urbain par structures réservoir du 25 au 27 mai 1993 - 10 p.
- **Balades JD., Bourgogne P., Bachoc A., Madiec H., Faup G.M., 1991.** *Un moyen de lutte contre la pollution des rejets de temps de pluie. Les solutions compensatoires.* T.S.M. - L'eau, 1991 - n° 12 p 583/592.
- **Balades JD, Bourgogne P., Madiec H., 1992.** *Evaluation de l'abattement des flux de pollution transitant dans un type de solution compensatoire.* Lyon : GRAIE, EURYDICE, NOVATECH, 1992 - p 66/75.
- **Balades JD, Garrigou JP, 1992.** *Assainissement pluvial : bilan critique des solutions compensatoires.* Bordeaux : CETE du sud-ouest, 1992 AR 1.50.40.0 - 57 p.
- **Balades JD., Hemain JC., 1990.** *Une nouvelle stratégie : l'analyse globale - la démarche.* Didonne : journée sur les réseaux d'assainissement et la protection du milieu naturel, 1990 - 9 p.
- **Balades JD., Rimbault G., 1990.** *Urbanisme et assainissement pluvial.* Bulletin de liaison du laboratoire des Ponts et Chaussées, 1990. n° 170 - p 47/59.
- **Balades JD., Vignaud C., 1990.** *Infiltration d'un effluent unitaire sous la rue Loquin à St Jean de Luz.* Urrugne : journée du 13 novembre 1990, Les réseaux d'assainissement et la protection du milieu naturel - 11 p.
- **Balmer P., Malmqvist P., Sjöberg A, 1984.** *Planning and control of urban storm drainage.* Göteborg : Third international conference on urban storm drainage, 1984 - Vol. 3 540 p.
- **Bar P., 1989** *Acoustique urbaine.* Lyon : INSA, 1989. Cours d'acoustique Urbaine - 187 p.
- **Barles S., 1993.** *La pédosphère urbaine : le sol de Paris XVIII^e - XX^e siècles.* Thèse : Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 1993 - 596 p.
- **Baucheron de Boissoudy A., 1993.** *Dimensionnement mécanique des chaussées réservoirs.* Paris : stage ENPC de formation sur l'assainissement pluvial urbain par structures réservoir du 25 au 27 mai 1993 - 10 p.
- **Beaumont J., Guillard Y., Soulage D., 1990.** *La méthode franco-allemande de mesure de bruit de roulement.* Revue générale des routes et aérodromes, 1990. n° 677 - p 71/75.
- **Bense P., 1992.** *adhérence et silence dans la ville.* Revue générale des routes et aérodromes, 1992. n° 694 - p 45/48.
- **Bezanson X., 1992.** *Le guide de l'urbanisme et du patrimoine.* Paris : éditions du Moniteur, Collection des collectivités locales, 1992. 495 p.
- **Billet, 1987.** *Aspects juridiques des problèmes posés par le ruissellement des eaux pluviales.* Lyon : Institut de droit de l'environnement, 1987.
- **Blivet JC., Delmas P., Puig J., Schaeffner M., 1986.** *Caractéristiques des géotextiles : mesures, spécification, contrôles.* Bulletin de liaison du laboratoire des Ponts et Chaussées, 1986. n° 142 - p 45/57.

"Caractéristiques et problématique des eaux pluviales"

- **Bonnot J., 1990.** *L'expérience de quelques autres pays européens.* Revue générale des routes et aérodromes, 1991. Spécial printemps 1990 - p 1001104.
- **Bordonado G., 1985.** *Une expérience d'enrobes drainants sur l'autoroute A 1.* Revue générale des routes et aérodromes, 1985. n° 925 - p 47/50.
- **Bouwer H., 1988.** *Systems for artificial recharge of ground water.* Anaheim of ground water, août 1988 - p 3112.
- **Brosseaud Y., 1993.** *Spécificité des matériaux poreux.* Paris : stage ENPC de formation sur l'assainissement pluvial urbain par structures réservoir du 25 au 27 mai 1993 - 25 p.
- **Cassan M., 1988.** *Les essais d'eau dans la reconnaissance des sols.* Paris : Edition Eyrolles, 1988 - 275 p.
- **Cauvin P., 1990.** *Paris poursuit la lutte contre le bruit de la circulation.* Revue générale des routes et aérodromes, 1990, n° 672 - p 75/76.
- **CERA, 1987.** *Guide des chaussées dans les lotissements.* Lyon : cellule économique Rhône-Alpes, 1987 - 97 p.
- **CFGG, 1987.** *Recommandations pour l'emploi des géotextiles dans les voies de circulation provisoire, les voies à faible trafic et les couches de forme.* CFGG : Bagnaux, 1987 - 40 p.
- **CFGG, 1991.** *Recommandations générales pour la réalisation d'étanchéité par géomembranes.* CFGG : Bagnaux, 1991 - 48 p.
- **Chambre syndicale nationale de l'étanchéité, 1992.** *Règles professionnelles pour la conception et la réalisation des toitures terrasses destinées à la retenue temporaire des eaux pluviales.* Paris : DSTB, 1992 - 9 p.
- **Chebo G, 1992.** *Solides des rejets pluviaux urbains : caractérisation et traitabilité.* Thèse: ENPC , 1992 - 400p.
- **Chocat B., Thibaut S., Bouyat M., 1981.** *étude comparative des résultats fournis par la méthode de Caquot et le modèle du réservoir linéaire.* TSM-L'eau, 1981 - n° 7, p 4171424,
- **Chocat B., 1992.** *La pollution due aux rejets urbains pas temps de pluie.* Lyon : INSA, Laboratoire Méthodes, 1992, cours de DEA - 37 p.
- **Cogez C., 1991.** *Le diagnostic hydrologique préalable à toute opération d'aménagement. Quels acteurs et quelles méthodes.* Paris : stage ENPC sur le cycle de l'eau et assainissement pluvial, juin 1991.
- **Combelles F., 1991 .** *Les enrobés drainants sur autoroute.* Revue générale des routes et aérodromes, spécial printemps 1990 - p 11/19.
- **CONACYT, 1988.** *Etude de spécialisation chimique des métaux lourds dans les eaux pluviales : toxicité et traitabilité.* Paris : RESEAU, 1988 - 184 p.
- **Dautais JP., Orditz D., 1989.** *Pluviotech : des techniques nouvelles de traitement et de résorption des eaux pluviales.* L'eau, l'industrie, les nuisances, 1989 - n° 129, p 55/60.

- **Delanne Y., 1989.** *Les enrobés drainants : analyse de leur propriété vis-à-vis du bruit de roulement et de l'adhérence des pneumatiques des véhicules de tourisme.* Bulletin de liaison du laboratoire des Ponts et Chaussées, 1989 - n° 162, p 33/43.
- **Delanne Y., Faure B., 1990.** *Qualités et performances des enrobés drainants et leur évolution.* Revue générale des routes et aérodromes, 1990. Spécial printemps 1990 - p 105/115.
- **Desbordes M., 1974.** *Réflexions sur les méthodes de calcul des réseaux d'assainissement pluvial.* Thèse DI : Université des Sciences et Techniques du Languedoc, 1974 - 171 p.
- **Desbordes M., 1990.** *Risques de défaillance des ouvrages d'assainissement urbain : un concept révisable ?* Paris : SHF, journées d'échange de la section hydrologie urbaine du 14 et 15 mars 1990 - p 15/23.
- **Deutsh JC., Cariard L., Christory JP., 1978.** *Les chaussées poreuses, technique nouvelle en assainissement urbain. Étude préliminaire.* Berne : symposium sur le drainage des routes, 1978 - p 149/156.
- **Didier G., 1975.** *Mécanique des sols. L'eau dans les sols.* Lyon : INSA de Lyon, 1975. Chapitre 4, Théorie des puits et des tranchées - p 4.0/4.41.
- **Domecq JJ., 1991.** *enrobés drainants contre nuisances sonores en site urbain.* Génie Urbain, 1991. n° 382, p 72-80.
- **Duchene M., Mc Bean E., Thomson N., 1993.** *infiltration characteristics associated with use of trenches in stormwater management.* Niagara : Sixth international conference on urban storm drainage, 1993 - p 1115/1120.
- **Eggleas F., Guyot L., Pipien G., Beaumont J., 1992.** *chaussées poreuses urbaines. Bilan et perspectives de la recherche.* Revue générale des routes et aérodromes, 1992. n° 692, p 49/53.
- **Faure B., Lemaire F., 1990.** *Nettoyage et décolmatage des enrobés drainants en milieu urbain.* Revue générale des routes et aérodromes, 1990 - n° 677.
- **Faure M., Gracia G., 1974.** *L'adhérence des revêtements routiers en France.* Bulletin de liaison du laboratoire des Ponts et Chaussées, 1974 - n° 70, p 127/139.
- **Federeci P., Laporte M., 1992.** *Trente-trois mille pneus pour un bassin.* Seine St Denis : Colloque sur les bassins nouvelles vagues, 1992 - p 274/278.
- **Field R., Masters H., Singer M., 1982.** *An overview of porous pavement research.* Water resources bulletin, 1982. Vol 18 n° 2, p 265/270.
- **Foncier Conseil.** *Guide pratique de la voirie mixte.* 6, rue du Général Foy, 75008 Paris,
- **Fonder Conseil, 1991.** *Gestion des eaux pluviales.* Paris : le quotidien du maire hebdo, 1991 - 80 p.
- **Fujita S., 1993.** *Infiltration in congested urban areas of Tokyo.* Niagara : Sixth international conference on urban storm drainage, 1993 - p 993/998.

"Caractéristiques et problématiques des eaux pluviales"

- **Funk E., 1993.** *Aide à la décision en matière de choix de techniques alternatives en assainissement pluvial. Le point de vue réglementaire.* Lyon : INSA, laboratoire Méthodes, rapport de DEA, 1993 - 55p.
- **Gal JF., 1992.** *Evolution de la perméabilité des enrobés drainants.* Revue générale des routes et aérodromes, 1992. n° 702 - p 108/109.
- **Gauthier J., Raimbault G., 1987.** *Essais hydrauliques sur une structure composée d'un matériau alvéolaire reposant sur un lit de sable.* Nantes : rapport LCPC, FAER 1.08.11.60, janvier 1987.
- **Guichard T., Musquère P., 1990.** *Les techniques alternatives à l'assainissement pluvial dans la communauté urbaine de Bordeaux.* Bordeaux : CUB, 1990 - 19 p.
- **Hermann D., Valla JL., 1993.** *Etude comparative d'enrobés drainants à haute teneur en vide.* Lyon : INSA, projet de fin d'études - 86 p.
- **Hermann M., Goacolou H., 1992.** *Chaussées réservoirs et poreuses.* Lyon : GRAIE, EURYDICE, NOVATECH, 1992 - 359/368.
- **Hogland W., Larson M., Berndtsson R., 1990.** *The pollutant build up in previous road construction.* Osaka : Fifth international conference on urban storm drainage, 1990 - p 845/852.
- **Holmstrand O., 1990.** *Infiltration of stormwater : research at Chalmers university of technology, results and examples of application.* Göteborg : Third international conference on urban Storm drainage, 1984 - 1057/1066.
- **Huschek S., Rode F., Schmidt H., 1990.** *Bétons bitumeux drainants.* Revue générale des routes et aérodromes, 1990 - n° 675, p 49/53.
- **Joussin JM., 1992.** *Nidaplast EP : une nouvelle solution pour l'évacuation des eaux pluviales.* Lyon : GRAIE, EURYDICE, NOVATECH, 1992 - p 284/293.
- **Krejč V., Haldimann P., Grottker M., 1993.** *Administrative aspects of stormwater infiltration in switzerland.* Niagara : Sixth international conference on urban storm drainage, 1993 - p 999/1004.
- **LCPC, SETRA, 1981.** *Chaussées neuves à faible trafic, Manuel de conception.* Paris : DRCA, 1981 - 43 p.
- **Le Roch F., 1991.** *Risques de contamination des nappes souterraines par infiltration des eaux pluviales urbaines. Synthèse des connaissances.* Rennes : Ecole Nationale de la Santé Publique, 1991 - 73 P.
- **Le Marc M., Faure B., 1991.** *L'enrobé drainant, une réalité.* Revue générale des routes et aérodromes, 1991 - n° 690, p 65/68.
- **Leflaive E., 1983.** *Les géotextiles : pourquoi et quel avenir ?* Bulletin de liaison du laboratoire des Ponts et Chaussées, 1983 - n° 70, p 127/139.
- **Legret M., Demare D., Balades J.D., Madiec H., 1992.** *Etude de la pollution par les métaux lourds sur un site d'infiltration des eaux pluviales.* Lyon : GRAIE, EURYDICE, NOVATECH 92, 1992 - p 33/42.

"Caractéristiques et problématique des eaux pluviales"

- Lucas J., 1992. *Métriologie de l'adhérence des revêtements routiers*. Revue générale des routes et aérodromes, 1992 - n° 698, p 69/72.
- Marchand A., Badot R., De Belly B., Romain M., 1993. *Les bassins de rétention d'eaux pluviales : mode d'emploi. 20 ans d'expériences au District Urbain de Nancy*. Nancy : NANCIE, 1993 - 222 p.
- Meunier Y., 1991. *Les chaussées poreuses antibruit*. Revue générale des routes et aérodromes, 1991 - n° 682, p 44/46.
- Meuret B., Alfakih E., Barraud S., Cres F.N., 1992. *Enquête sur les freins et les motivations pour l'utilisation des techniques alternatives au réseau d'assainissement*. Lyon : STU, GRAIE, 1992 - 51 p.
- Minagawa K., 1990. *The storm water infiltration system in housing complexes and the follow-up survey*. Osaka : Fifth international conference on urban storm drainage, 1990 - p 771/776.
- Mottier V., Boller M., 1992. *Les eaux de ruissellement de toits : qualité et dynamique de charge polluante*. Dübendorf : EAWAG, 1992 - 45 p.
- Nard C., Glicky M., Miramon J.M., Huet M., Delanne Y., Verhée F., Brengarth M., Lavaud J.P., Faure B., 1989. *Le chantier expérimental d'enrobes drainants de l'A63*. Revue générale des routes et aérodromes, 1989 - n° 695, p 53/60.
- Niemczynowicz J., 1990. *Swedish stormwater detention practices*. Osaka : Fifth international conference on urban storm drainage, 1990 - p 197/202.
- Nissoux J.L., Merrien P., 1977. *Les bandes d'arrêt d'urgence en béton poreux. Etude du matériau*. Bulletin de liaison du Laboratoire des Ponts et Chaussées, 1985 - n° 92, p 142/148.
- Norotte O., 1993. *La maîtrise des eaux de ruissellement. Aspects réglementaires*. Lyon : DDE du Rhône, service aménagement des collectivités locales, 1993 - 13 p.
- Patier M., 1990. *1976-1989 chez SACER : l'évolution des enrobés drainants*. Revue générale des routes et aérodromes, 1990. Spécial printemps 1990 - p 91/94.
- Payne J., Davier A., 1993. *Manual on infiltration methods for stormwater source control*. Niagara : Sixth international conference on urban storm drainage, 1993 - p 981/986.
- Petersen C.R., Faarbaek T., Jensen G.H., Weyer G., Fujita S., Ishikawa K., Geldof G., Stenmark C., Pratt C.J., 1993. *Urban stormwater infiltration design practice and technology : state of the art assesment*. Niagara : Sixth international conference on urban storm drainage, 1993 - p 969/974.
- Piplen G., Christory J.P., Combelles F., Rimbaut G., 1992. *Routes à structures poreuses. Où en est-on ?* Revue générale des routes et aérodromes, 1992 - n° 694, p 33/40.
- Piplen G., Tesson M., Bar P., Christory J.P., Pétrongari J.P., 1990. *Chaussées poreuses urbaines*. Revue générale des routes et aérodromes, 1990 - n° 677.
- Plan urbain, 1985. *Techniques alternatives en assainissement pluvial. Impact sur le milieu social et sur l'environnement*. Paris : Editions du Plan urbain, 1985 - 158 p.

- Pratt C.J., Mantle J.D.G., Schofield P.A., 1990. *Porous pavement for flow and pollutant discharges control*. Osaka : Fifth international conference on urban storm drainage, 1990. p 839/844.
- Pratt C.J., Powell J.J.M., 1992. *Design of infiltration systems: the new UK approach*. Lyon : GRAIE, EURYDICE, NOVATECH, 1992 - p 155/164.
- Raimbaut G., 1987a. *Technique des structures-réservoirs (chaussées poreuses)*. Paris : SHF, Thérapeutiques nouvelles en assainissement pluvial, 1987 - p 148/177.
- Raimbaut G., 1987b. *Conceptions alternatives en assainissement et aménagement urbain. Guide de conception de structures réservoirs et solutions types*. Nantes: Rapport LCPC, 1987. 66 p.
- Raimbaut O., 1991a. *Méthode de dimensionnement hydraulique*. Nantes : Rapport LCPC, 1991 - 18 p.
- Raimbaut G., 1991b. *Matériaux utilisables dans les Structures réservoirs*. Nantes : Rapport LCPC, 1991 - 5 p.
- Raimbaut G., 1991c Z.A.C. "Les hauts de Verneuil". *Etude de faisabilité d'un assainissement pluvial par structures réservoirs*. Nantes : Rapport LCPC, 1991 - 29 p.
- Raimbaut G., 1991d. *Comportement mécanique des structures réservoirs. Quelques constatations*. Nantes : Rapport LCPC, 1991 - 13 p.
- Raimbaut G., 1992. *Structures réservoir et topographie des aménagements urbains*. Lyon: GRAIE, EURYDICE, NOVATECH, 1992 - p 400/409.
- Raimbaut G., 1993a. *Propriétés d'usage des structures-réservoirs utilisant un revêtement drainant*. Paris : stage ENPC de formation sur l'assainissement pluvial urbain par structures réservoir du 25 au 27 mai 1993- 17 p.
- Raimbaut G., 1993b. *Éléments pour le dimensionnement hydraulique*. Paris : stage ENPC de formation sur l'assainissement pluvial urbain par structures réservoir du 25 au 27 mai 1993- 32 p.
- Raimbaut G., Balades J.D., 1987. *Réalisations de structure réservoirs en voirie urbaine*. Revue générale des routes et aérodromes, 1987. n° 644, p 39/47.
- Raimbaut G., Balades J.D., Faure-Soulet A., 1985. *Quatre expérimentations françaises de chaussées poreuses*. Bulletin de liaison du laboratoire des Ponts et Chaussées, 1985. n° 137, p 43/55.
- Raimbaut G., Nissoux J.L., Barbe B., 1982. *Les chaussées poreuses : une technique nouvelle pour l'assainissement urbain*. Bulletin de liaison du laboratoire des Ponts et Chaussées, 1982. n° 117, p 21/31.
- Raimbaut O., Nissoux J.L., Moutier F., 1987. *Matériaux poreux et structures de chaussées*. Paris : communications du 1er congrès RILEM, 1987 - p 317/324.

"Caracteristiques et problématique des eaux pluviales"

- **Ranchet J., Penaud F., Le Grand R., Constant A., Obry P., Soudieu B., 1993.** *Comparaison d'une chaussée pavée et d'une chaussée drainante du point de vue de leur comportement hydraulique et de leur impact sur la dépollution des eaux de pluie.* Bulletin de liaison du Laboratoire des Ponts et Chaussées, 1993. n° 188, p 67/72.
- **Racous P., 1983.** *Les techniques de contrôle du ruissellement pluvial urbain en amont des réseaux d'assainissement.* Montpellier : Rapport du Laboratoire d'Hydrologie Mathématique de Montpellier, 1983 - 137 p.
- **Riou V., Jean F., 1992.** *Assainissement pluvial par bassins d'infiltration du projet de parc d'activités de Valence-Lautagne.* Lyon : GRAIE, EURYDICE, NOVATECH, 1992 - p 312/322.
- **Sainton A., 1990.** *Les avantages du liant bitume - caoutchouc pour les enrobés drainants.* Revue générale des routes et aéroports, spécial printemps 1990 - p 45/51.
- **Sainton A., 1991.** *Procédé innovant de thermorecyclage en place d'enrobés drainants.* Revue générale des routes et aéroports, 1991 - n° 683, p 39/43.
- **Scheneebel G., 1966.** *Hydraulique souterraine.* Paris : Eyrolles, 1966 - 362 p.
- **Seguin D., 1978.** *Equipements urbains d'assainissement pluvial - aide à la prévision à partir des documents d'urbanisme.* Thèse Doct. Ing. : Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, 1978 - 255 p.
- **Serfass J.P., 1989.** *Les enrobés drainants.* Revue générale des routes et aéroports, 1989. n° 668, p 46/48.
- **Serfass J.P., 1990.** *Enrobés drainants avec fibres. Formulation et comportement.* Revue générale des routes et aéroports, 1990. Spécial printemps 1990 - p 81/87.
- **SETRA, CSTR, 1988.** *Enrobés drainants,* Revue générale des routes et aéroports, 1988 - n° 654, p 37/44.
- **SINDOTEC, SNFDA, 1989.** *Tout sur les canalisations PVC.* Paris : Ozalid, 1989 - 256 p.
- **Spillemaecker P.M., 1988.** *Etude des propriétés des enrobés drainants.* Revue générale des routes et aéroports, 1988 - n° 654.
- **Stenmark C., 1990.** *Local infiltration of urban stormwater in cold climate.* Osaka : Fifth international conference on urban storm drainage, 1990 - p 809/814.
- **STU, 1978.** *Etude sur les chaussées poreuses. Synthèse bibliographique et réflexions préliminaires.* Trappes : 1978. Dossier N° 7305, 76 p.
- **STU, 1982.** *La pratique des V.R.D. dans les opérations d'habitat à faible et moyenne densité.* Paris : Edition du Moniteur, 1982 - 262 p.
- **STU, 1982b.** *La maîtrise du ruissellement des eaux pluviales. Quelques solutions pour l'amélioration du cadre de vie.* Paris : Edition Maugein & Cie, 1982. 64 p.
- **STU, 1983.** *Note sur l'état de la technique des chaussées poreuses.* Paris : Editions du STU, 1983 - 39 p.

- **STU, 1989.** *Mémentosur l'évacuation des eaux pluviales.* Paris : La documentation française, 1989. Conception et diagnostic du fonctionnement des réseaux pluviaux, p 187/245.
- **STU, 1990.** *La pratique des V.R.D. Concevoir et réaliser les opérations d'urbanisme de faible ou moyenne densité.* Paris : Editions du Moniteur, 1990 - 317 p.
- **STU, 1993.** *La maîtrise des eaux pluviales. Des solutions "sans tuyau" dans l'agglomération de Bordeaux,* Paris : Les Editions du STU, 1993, 63 p.
- **STU, Agences de l'Eau, 1994.** *Guide technique des bassins de retenue d'eaux pluviales.* Paris : Tec&Doc-Lavoisier, 1994 - 275 p.
- **Thomachot M., 1979.** *Quelques exemples d'assainissement des eaux pluviales routières et autoroutières par bassins et puits absorbants en région Ile de France.* Villeurbanne : Communications du colloque national "Connaître le sous-sol : un atout pour l'aménagement urbain", mars 1979. p 1047/1059.
- **Thomachot M., 1981.** *Evacuation des eaux pluviales par fossés absorbants.* Trappes : LROP de l'ouest parisien, F.A.E.R. 1.08.05.0, 1981 - 46 p.
- **Urbonas B., 1993.** *Assesment of BMP use and technology today.* Niagara : Sixth international conference on urban storm drainage, 1993. p 927/932.
- **Valiron E., Tabuchi J.P., 1992.** *Maîtrise de la pollution urbaine par temps de pluie. Etat de l'art,* Paris : Tec&Doc-Lavoisier, 1992 - 564 p.
- **Wada Y., Miura H., 1990.** *Effect and evaluation of storm runoff control by permeable combined infiltration facilities for controlling storm runoff.* Osaka : Fifth international conference on urban storm drainage, 1990. p 789/794.
- **Wisner P., 1983.** *Introduction à l'hydrologie urbaine.* Lausanne : conférences pour le cours international d'hydrologie opérationnelle et appliquée, 1983 - 100 p.

**LES MOYENS DE PREVENTION DES
REJETS POLLUES ET DES INONDATIONS**

Pierre BOURGOGNE
Directeur Technique adjoint
Service Eau et Assainissement
Communauté Urbaine de Bordeaux

LA LUTTE CONTRE LES INONDATIONS

DES DEMARCHES INNOVANTES

Pierre BOURGOGNE
Directeur Technique Adjoint
Direction Technique de l'Assainissement et de l'Environnement
COMMUNAUTE URBAINE de BORDEAUX

L'urbanisation intensive des zones péri-urbaines a eu pour effet l'augmentation importante des surfaces imperméabilisées, avec pour conséquence un accroissement Considérable des volumes ruisselés à évacuer

Les réseaux d'évacuation d'une capacité devenue insuffisante ont très vite été saturés, entraînant des inondations parfois importantes et souvent répétées.

Deux inondations a caractère décennal, a trois jours d'intervalle, ont mis, dès 1982. la Communauté Urbaine de BORDEAUX au pied du mur, avec comme alternative :

1 - Arrêter toute urbanisation dans l'attente de la réalisation des ouvrages primaires suffisants pour en autoriser la reprise.

2 - Poursuivre l'urbanisation en innovant pour limiter les risques d'inondation.

Il est bien évident que la première solution n'était pas envisageable un seul instant et qu'il a fallu innover.

I - LE CONTEXTE DE L'ASSAINISSEMENT PLUVIAL A BORDEAUX

La Communauté Urbaine de BORDEAUX regroupe 27 communes sur 56.000 hectares, mais reçoit en fait les eaux d'un territoire en hémicycle de 90 000 hectares. drainés par plus de 100 ruisseaux. Sa topographie est caractérisée par des terrains a faible pente (3 millimètres/mètre) sur la Rive Gauche. une plaine alluviale endiguée et des coteaux qui surplombent le fleuve sur la Rive Droite. La Garonne. dans sa traversée de l'Agglomération subit l'influence des marées faisant varier son niveau au maximum de 7 mètres. Près de 13 500 hectares situés en-dessous des plus hautes eaux de la Garonne sont dont protégés par les digues. ce qui interdit leur assainissement pluvial gravitairement.

A cette configuration particulière. il faut ajouter un climat océanique

caractérisé par des orages violents en été et des pluies de longue durée en hiver.

L'urbanisation de l'Agglomération Bordelaise s'est développée autour du port de façon concentrique depuis la Garonne. c'est-à-dire de l'aval vers l'amont des nombreux ruisseaux qui traversent la zone urbaine. Les premiers grands ouvrages d'assainissement, créés à la fin du XIX^{ème} siècle, ont donc été très vite saturés du fait de l'urbanisation des communes périphériques situées en amont de BORDEAUX.

La très faible densité de l'urbanisation qui ne dépasse guère 11 habitants /ha, nécessite un niveau d'équipements très importants pour la population desservie. C'est donc un réseau de plus de 2000 kilomètres de collecteurs eaux pluviales et unitaires qui dessert l'ensemble de l'Agglomération Bordelaise, avec des diamètres allant de 300 à 4500 mm aujourd'hui.

Les canalisations primaires construites à l'emplacement des anciens ruisseaux ont été traitées en unitaire dans l'hypercentre, puis en système séparatif à l'amont, sur les communes périphériques d'urbanisation plus récente.

Malgré l'importance des équipements en place, l'Agglomération était régulièrement touchée par des inondations importantes créant des dégâts non négligeables dans des zones urbaines très denses.

Cette situation a amené les Elus Communautaires à être extrêmement vigilants lors de l'élaboration des plans d'occupation des sols (P.O.S.), l'assainissement constituant la contrainte première au développement urbain.

II - LA LUTTE CONTRE LES INONDATIONS

La Communauté Urbaine de BORDEAUX a mis en place un vaste programme de "lutte contre les inondations" permettant :

- de résorber le déficit en équipements
- d'ouvrir à l'urbanisation plus de 6 000 ha de terrains situés en zone naturelle.
- de préserver l'efficacité des grands ouvrages d'assainissement existants par des mesures réglementaires.

UN IMPORTANT PROGRAMME D'EQUIPEMENTS PRIMAIRES

Depuis 12 ans, la Communauté Urbaine de BORDEAUX a consacré près de 200 millions de francs par an au seul programme de "lutte contre les inondations"

Des travaux gigantesques ont été entrepris pour assurer la protection des quartiers inondables.

Dans un centre urbain, au sous-sol très encombré, où la circulation est la

plus intense, il a été nécessaire d'employer les techniques du tunnel pour construire des ouvrages atteignant pour certains 4.50 m de diamètre.

Des stations de pompage de plus de 10 m³/s ont été installées en bordure du fleuve pour desservir les zones basses protégées par les digues.

Toutes les techniques de construction des bassins d'étalement ont été utilisées :

- bassins à sec
- bassins à plan d'eau permanent
- bassins enterrés

Pour optimiser le fonctionnement de tous ces ouvrages, un centre de télécontrôle automatisé du réseau d'assainissement, RAMSES, a été installé. Mis en service en 1992, il fonctionne 24 H/24 et assure la gestion des écoulements des eaux pluviales sur la Communauté Urbaine de BORDEAUX.

RAMSES permet d'atteindre 3 objectifs - anticiper, télécommander et réguler :

- **ANTICIPER** : en liaison avec le radar météorologique de MERIGNAC, et relié à plus de 40 pluviomètres dont 24 télétransmis, RAMSES prévoit l'arrivée des événements pluvieux et connaît à chaque instant la répartition spatiale de la pluie sur le territoire communautaire.
- **TELECOMMANDER** : les 3000 informations centralisées permettent au Télécontrôleur d'agir sur les ouvrages et leur fonctionnement pour éviter les inondations.
- **REGULER** : la vidange des bassins est assurée en liaison avec des limnimètres sur les réseaux aval, permettant d'optimiser ces opérations sans risques.

Depuis 1994, RAMSES est complété par un système d'aide à la décision, PAYDJRT, qui permet :

- la prévision des hauteurs de marées
- l'interprétation des données pluviométriques
- la simulation hydraulique des écoulements
- la gestion des procédures de crise
- l'analyse permanente des informations (priorités)
- la gestion des appels téléphoniques (optimisation des interventions et des équipes d'intervention)

La course infernale engagée entre l'urbanisation et le développement des réseaux d'eaux pluviales a cependant des limites techniques et économiques.

En effet, **les** villes doivent faire face aujourd'hui à une nouvelle croissance caractérisée par plus de qualité, moins d'expansion et moins de moyens financiers. La survie économique des villes repose donc sur leur capacité d'adaptation à l'évolution des besoins et à l'évolution de leurs moyens.

Pour relever ce défi, il faut :

- préciser le niveau de service public.
- aborder de façon différente le problème du développement urbain en respectant plus l'environnement.
- repenser complètement les techniques de l'assainissement pluvial.

Convaincue qu'elle ne trouverait pas son salut dans un arrêt complet du développement urbain, mais consciente également de l'enjeu que pouvait représenter la maîtrise de l'évacuation des eaux pluviales dans les opérations d'aménagement, la Communauté Urbaine de BORDEAUX, en même temps qu'elle mettait en place d'importants équipements permettant de diminuer les risques d'inondations dans les quartiers les plus sensibles, cherchait à développer les solutions compensatoires d'assainissement pluvial applicables aux constructions nouvelles.

Des 1980, elle lançait un concours d'idées sur **les** techniques "d'assainissement individuel pluvial".

DES DISPOSITIONS REGLEMENTAIRES TRES STRICTES

En 1982, la Communauté Urbaine de BORDEAUX décidait de "conditionner l'urbanisation augmentant l'imperméabilisation à des mesures compensatoires permettant de ne pas augmenter les débits dans les bassins versants sensibles..."

Le 22 Juin 1984, le Conseil de Communauté adopte le règlement du Service de l'Assainissement qui prévoit, dans son Article 17 consacré aux conditions de raccordement pour le rejet des eaux pluviales "seul l'excès de ruissellement peut être rejeté au réseau public après qu'aient été mises en oeuvre, sur la parcelle privée, toutes les solutions susceptibles de limiter et étaler les apports pluviaux"

En 1987 lors de la révision du P.O.S., une clause est introduite au règlement concernant les zones UY limitant le débit admissible au réseau à celui correspondant à un coefficient d'imperméabilisation de 0,3. En Effet, sur les zones d'activités, **les** surfaces imperméabilisées par les bâtiments et surtout les parkings peuvent être considérables et largement supérieures aux hypothèses prises en compte lors du dimensionnement des ouvrages.

Pour accompagner ces mesures réglementaires, la Communauté Urbaine de BORDEAUX renforçait sa structure d'assistance technique aux aménageurs et décidait la réalisation de plusieurs opérations expérimentales sur des lotissements et des parkings

III - LES SOLUTIONS COMPENSATOIRES DANS LES OPERATIONS D'AMENAGEMENT

Les solutions compensatoires ont pour but, soit de limiter la surface active en favorisant l'infiltration des eaux dans le sol **avec** ou sans stockage préalable, soit de limiter le débit de pointe rejeté au réseau grâce à un stockage

En **terme** de définition, les "solutions compensatoires" représentent toutes les techniques permettant de compenser les effets que le ruissellement ferait subir à l'environnement existant.

1 - CLASSIFICATION DES SOLUTIONS COMPENSATOIRES

La diversité des réalisations sur la Communauté Urbaine de BORDEAUX impose un classement des solutions techniques par famille.

Cette classification est induite des trois phases du fonctionnement hydraulique de toute solution compensatoire :

- la collecte
- le stockage
- la restitution

LA COLLECTE

Elle **s'effectue** par absorption directe au travers de revêtements de surface diversifiées

Après ruissellement sur des revêtements étanches

Par injection directe **dans** la structure **de stockage**.

LE STOCKAGE

Il se réalise sous les formes suivantes :

A air libre

Dans les structures alvéolaires

Dans des matériaux présentant des indices de vides importants

Dans des volumes vides fermes.

LA RESTITUTION

L'objectif étant de restituer les eaux au milieu naturel en causant le moins de dommages possibles. deux possibilités s'imposent :

- Infiltration directe dans le sol support
- Rejet régule vers les canalisations ou dans le milieu naturel.

Deux familles de solutions techniques utilisent. sous des formes différentes. les divers parametres précédemment énoncés .

- Les *réservoirs de stockage*

Cette dénomination recouvre toutes les solutions où l'eau est stockée dans des ouvrages ayant un indice de vide égal a 1 :

- . Les bassins de retenue
- . Les canalisations surdimensionnées
- . Les noues

- *Les structures réservoirs*

Dans ce **cas**. les ouvrages affectés au stockage des eaux pluviales utilisent des matériaux dont l'indice de vide est compris entre 0,3 et 1 :

- Les chaussées réservoirs
- Les tranchées drainantes
- Les** toitures terrasses

2 - LES SOLUTIONS TECHNIQUES

- LES BASSINS DE RETENUE DE PETITE CAPACITE

Ces solutions basées sur le stockage dans un volume vide fermé ou ouvert ne posent pas de problèmes particuliers et découlent des techniques d'assainissement traditionnel.

Le seul problème provient des conditions de réalisation et des conditions d'exploitation.

Tant que le Maître d'Ouvrage a considéré ce bassin comme un **équipement à réaliser "dans un coin"**. car **imposé** et peu esthétique, la réalisation a été conforme a ses souhaits et le manque d'entretien a achevé l'image de l'équipement.

Des lors que le Maître d'ouvrage ou l'Architecte ont intégré dès le départ

l'ouvrage dans l'opération. par un plan d'eau permanent par exemple. la réalisation et l'exploitation deviennent des priorités pour l'opération.

- LES CANALISATIONS SURDIMENSIONNEES

Le volume de stockage est obtenu par surdimensionnement du réseau pluvial en amont de l'ouvrage de régulation.

- LES NOUES

La noue est un système de rétention des eaux dans des espaces larges et peu profonds. Les eaux y accèdent par ruissellement de surface.

Le stockage est réalisé à l'air libre. une cunette maçonnée est prévue en fond de noue pour recevoir les eaux émanant des événements de faible importance.

La restitution au milieu est effectuée :

- par infiltration directe,
- par évaporation
- par régulation dans le réseau aval.

Cette technique présente les aspects positifs suivants :

- tres bonne intégration au paysage
- utilisation éventuelle en espace jeux et loisirs
- prise de conscience par la visualisation des problèmes liés aux eaux de pluie pour la population concernée
- préservation de l'environnement

Cependant. il ne faut pas ignorer les contraintes suivantes .

- entretien important
- nécessité d'un arrosage intégré
- coût important en raison du "gel" des surfaces foncières.

- LES CHAUSSEES A STRUCTURE RESERVOIR

Ces structures réservoirs permettent de réaliser a la fois des stockages tres faibles en dimension et en volume. mais nombreux et répartis. qui peuvent être

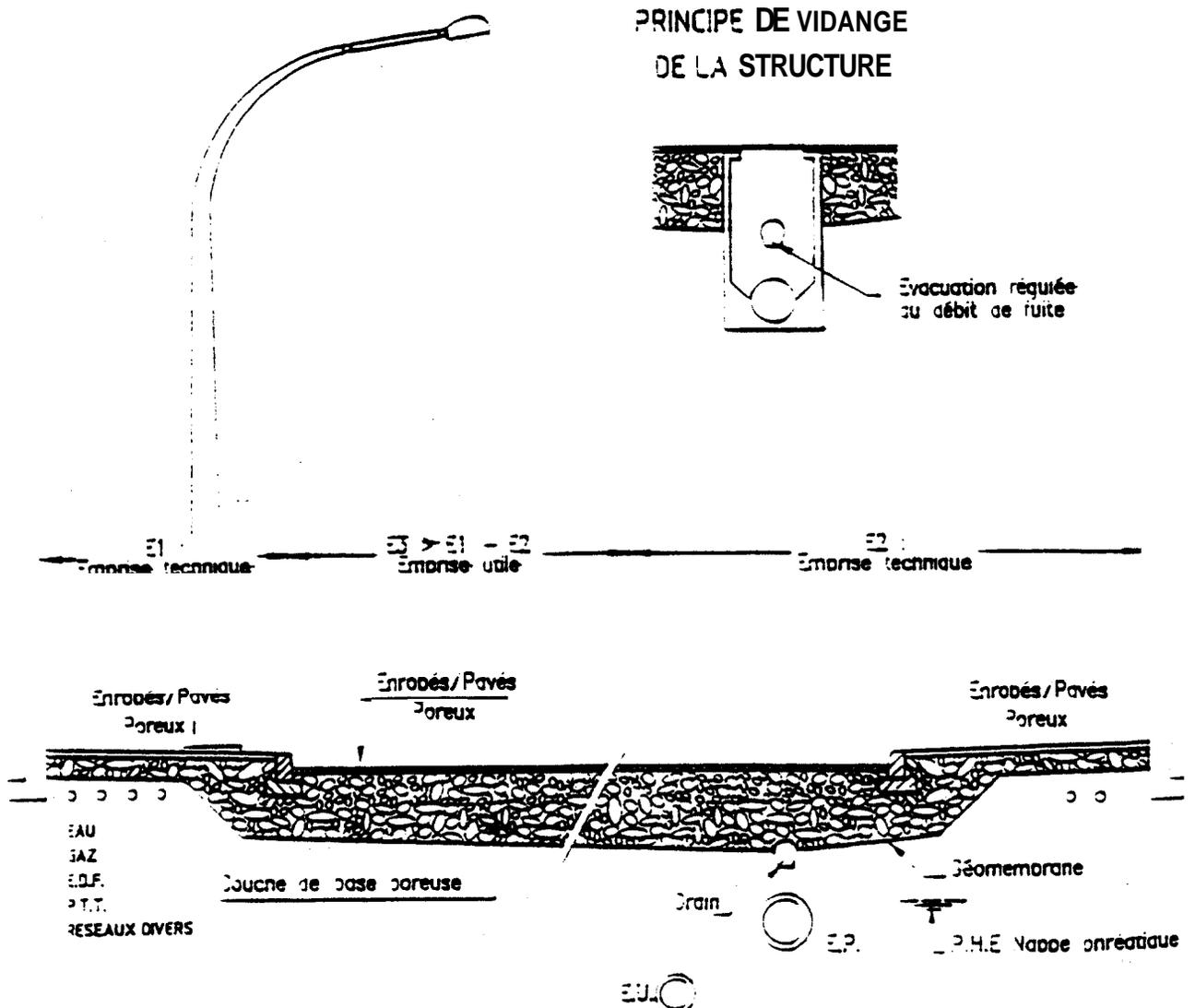
installées dans des espaces urbains de très forte densité, mais également des stockages de grande capacité, par exemple sous des parkings de supermarchés ou d'immeubles de bureaux. Ils sont souples d'utilisation et peuvent ainsi être accueillis par des éléments du paysage urbain extrêmement courants.

Deux dispositifs d'entrée de l'eau dans la structure réservoir peuvent être envisagés :

- entrée de l'eau à travers un matériau perméable, placé en surface (type pavés poreux ou enrobés poreux)
- entrée de l'eau par avaloirs et drains assurant sa répartition dans le matériau (cette technique doit rester très limitée car le risque de colmatage est important).

Le matériau de stockage peut être un calcaire de type 40 x 70 ou un matériau alvéolaire type NIDAPLAST ou GEOLITE (90 % de vide).

SCHEMA DE PRINCIPE



- LES TRANCHEES DRAINANTES

La réalisation des tranchées drainantes revêt diverses formes.

Il est possible de distinguer les tranchées couvertes ou non couvertes avec des modes d'injection par ruissellement ou par infiltration.

Lorsqu'il y a ruissellement sur une surface étanche avec injection, il est nécessaire d'apporter une attention toute particulière au mode de pénétration des eaux dans la tranchée :

- injection par avaloir
- infiltration à travers l'enrobé
- infiltration par des orifices aménagés (bordures de trottoir plus ou moins rapprochées).

Selon leur forme, ces tranchées prendront également le nom de puits d'infiltration ou de plateaux absorbants.

IV - L'IMPACT DES SOLUTIONS COMPENSATOIRES SUR LA POLLUTION DES EAUX PLUVIALES

Les différentes études menées ont mis en évidence l'abattement important de la pollution des eaux pluviales au travers des enrobés poreux et des solutions compensatoires.

A l'heure où la lutte contre la pollution des eaux pluviales devient un objectif prioritaire en matière d'environnement, les solutions compensatoires présentent un intérêt majeur.

Les mesures faites à l'exutoire d'un bassin versant ont permis de caractériser les eaux de ruissellement.

	Structure réservoir			Structure classique		
	DCO	MES	Pb	DCO	MES	Pb
Nbre de valeurs.	35	20	27	27	19	19
Moyennes (mg/l)	28	165	0 010	133	256	0,069
Valeurs extrêmes (mg/l)	14	49	0.003	15	53	0.007
	74	394	0.027	465	615	0.17
Ecart type	11	92	0.0067	112	203	0.057

Des abattements ont été calculés à partir des valeurs moyennes et font apparaître pour l'abattement du aux enrobés poreux les valeurs suivantes :

type de pollution	D.C.O.	D.C.O.	Pb
% abattement	79	36	86

Afin de mieux connaître le devenir des polluants véhiculés par les eaux pluviales à travers les structures, un site expérimental a été réalisé sur la Communauté Urbaine de BORDEAUX. Sur un parking de 5000 m², une tranchée a été découpée par sciage sur plus de 2 mètres de profondeur et soutenue par une structure métallique et des parois transparentes.

Des prélèvements sont réalisés à différentes profondeurs afin de suivre la migration des polluants.

Cette expérimentation a montré que la pollution était retenue dans les 2 premiers centimètres de l'enrobé poreux et que les techniques d'entretien par lavage haute pression, aspiration permettaient de retrouver les porosités d'origine

CONCLUSION

Après 10 années d'expérience, les intempéries des 8 et 9 Août 1992 ont validé le vaste programme de lutte contre les inondations mis en place par la Communauté Urbaine de BORDEAUX.

Des précipitations record sur le Sud-Ouest les médias ont fait état d'importantes inondations dans les grandes villes du Sud Ouest et pas un mot sur BORDEAUX. ce qui faisait dire à certains qu'il y avait moins plu qu'ailleurs.

En 24 h. il est tombé 96 mm à BAYONNE. 111 mm à PAU et 131 mm à

BORDEAUX . une précipitation presque passée inaperçue sur la Communauté Urbaine:

- RAMSES a montré toute son efficacité
- Les ouvrages primaires ont correctement joué leur rôle
- Les solutions compensatoires ont également parfaitement atteint leur

objectif

Pas d'inondation chez les riverains concernés

Pas de surcharge de réseau primaire. ce qui aurait entraîné des inondations a l'aval

. L'assurance d'une réduction de la pollution évacuée en Garonne.

Depuis, d'autres événements pluvieux représentatifs (orages. pluies de longue durée..) se sont produits sur la Communauté Urbaine, sans problèmes majeurs. **RAMSES** veille.....

**LE TRAITEMENT DES EAUX PLUVIALES
LES RESULTATS DES ESSAIS PILOTES
MENES A DOUAI**

Jacques VANDAELE
Responsable des études eaux pluviales
Ingénieur projet à la Direction Eaux
Municipales de DECREMONT

Claude DELPORTE
Responsable des études pilotes
au Centre d'Etudes et de Recherches
DEGREMONT



Le traitement des Eaux Pluviales et les résultats des essais pilotes menés à Douai

1. Introduction

La lutte contre la pollution des rejets urbains par temps de pluie se situe à tous les niveaux du système d'assainissement.

On peut en distinguer quatre :

- au niveau du bassin versant : il s'agit de développer les techniques "Alternatives" (fossés d'infiltration, chaussées poreuses, structures réservoirs qui stockent les eaux et assurent une dépollution par filtration naturelle),
- au niveau du réseau lui-même : une bonne gestion du réseau eau pluviale permet de diminuer les risques d'inondation et les flux de pollution rejetés en utilisant au mieux les différentes possibilités de stockage ou de dérivation des débits (optimisation du fonctionnement des déversoirs d'orage, du flux de pollution à envisager sur la station d'épuration),
- au niveau d'ouvrages spéciaux (bassins de stockage ou de pollution et bassins de retenue à plan d'eau permanent),
- au niveau de la station d'épuration.

2. Essais Pilote de DOUAI : traitement des surverses de réseau unitaire

Aujourd'hui nous nous intéressons qu'au cas du traitement des eaux pluviales des bassins de pollution sur réseau unitaire.

Pour cela, nous nous appuyerons sur le cas concret qu'ont été les essais pilotes menés à la station de relèvement de VAUBAN située sur le réseau d'assainissement de la ville de DOUAI.



[Présentation des essais] :

Réseau unitaire d'un bassin versant de 500 ha très urbanisé.

Le bassin versant du poste de relèvement Vauban

Le réseau d'assainissement en amont de Vauban intéresse environ 35000 résidents ; soit environ 40 % de la population reliés au réseau d'assainissement **du S.I.A.D.O.A** ces 35000 habitants, s'ajoute la pollution produite par des industriels équivalant à 17000 habitants, soit : 67 % de la pollution d'origine urbaine et 33 % d'origine industrielle. Le réseau est essentiellement du type unitaire avec quelques secteurs en séparatif.

Le bassin versant couvre une superficie d'environ 500 ha et comporte 110 km de réseau, 9 postes de relevage et 13 déversoirs d'orage. Parmi ces déversoirs d'orage, le poste Vauban fonctionne actuellement en **surverse** pour des événements pluvieux de l'ordre de 1 mm/h.

But des essais

Les essais réalisés sur **6** mois (octobre **1994** à fin **mars 1995**) avaient pour but de **vérifier** que le deuxième m³/s dû aux pluies de fréquence mensuelle pouvait être traité par décantation lamellaire (le premier m³/s étant refoulé vers la station de FORT DE **SCARPE**).

3. La décantation accélérée lamellaire

Dans ce type d'effluent de surverse de réseau unitaire, la pollution des eaux est en majorité sous forme particulaire.

La décantation est donc le procédé le mieux adapté pour traiter ces eaux pluviales.

L'appareil de décantation lamellaire développé par DEGREMONT est basé sur un triple principe :

- ↳ décantation lamellaire permettant d'assurer des vitesses importantes,
- ↳ coagulation-floculation très efficace et intégrée dans un équipement compact,
- ↳ épaissement des boues au niveau de l'appareil permettant une recirculation des boues épaissies vers le réacteur de floculation.



3 Photo du DENSADEG :

Explication de son fonctionnement.

□ Avantages du DENSADEG :

- la décantation lamellaire grâce aux vitesses accrues permet d'envisager un traitement au "fil de l'eau",
- réduction considérable de l'emprise au sol,
- épaissement des boues.

4. Essais de DOUAI

Présentation du pilote

Les Caractéristiques du pilote sont les suivantes :

Hauteur :	4,5 m	Surface lamellaire :	0,3 à 1 m ²
Longueur :	2,5 m	Volume utile :	9 à 14 m ³
Largeur :	1,3 m		

Le pilote est équipé de modules lamellaires dont la surface peut être modifiée, ce qui permet d'étudier une gamme importante de vitesse.

La géométrie du pilote permet également des variations de la surface d'épaississement.

Suivi du fonctionnement

L'acquisition de données enregistre en continu les paramètres clés du fonctionnement (débit - turbidité - température...).

Les échantillons moyens de 30 mn à 1 heure ont été réalisés sur une base d'un prélèvement toutes les 10 minutes.

Les principales analyses effectuées selon les normes **AFNOR** sont :

- ^a DCO_{totale} - DCO_{soluble} - Matières en suspension - DBO₅ - Azote - Phosphore - pH - Conductivité.



Caractéristiques moyennes des surverses unitaires du poste Vauban

		DCO totale mg/l	DCO soluble mg/l	DBO ₅ mg/l	MeS mg/l
Surverses chargées	A	300 à 1100	100 à 216	60 à 360	250 à 700
Surverses faiblement chargées	B	180 à 450	60 à 150	60 à 150	100 à 350
Surverses diluées	C	80 à 180	30 à 100	40 à 100	50 à 100

Sur le bassin versant Vauban, il apparaît qu'après 5 à 6 jours de temps sec, les surverses unitaires tendent vers les caractéristiques (A) pour une pluviométrie totale d'environ 2 à 4 mm et une intensité d'au moins 1 mm sur une heure. Pour ce même événement pluvieux, une pointe de 2 à 3 mm sur une heure peut provoquer un nouveau pic de pollution.

Pour des événements pluvieux rapprochés ou qui succèdent à des pluies importantes, les surverses sont plus faiblement chargées et se rapprochent des caractéristiques (B).

Les fins d'épisodes pluvieux se rapprochent des caractéristiques C.

Variation des concentrations en azote et phosphore (mg/l)

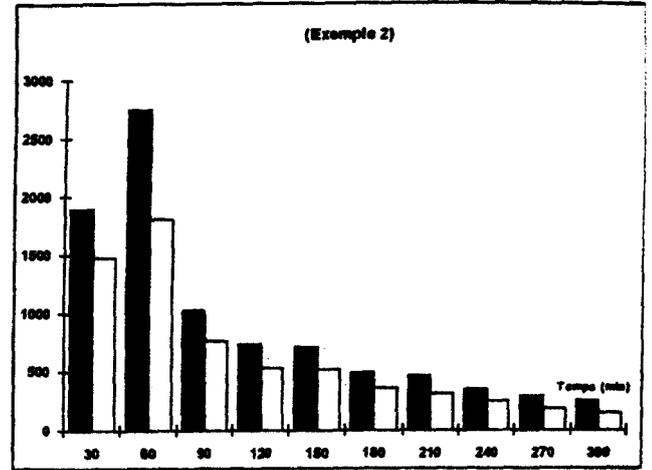
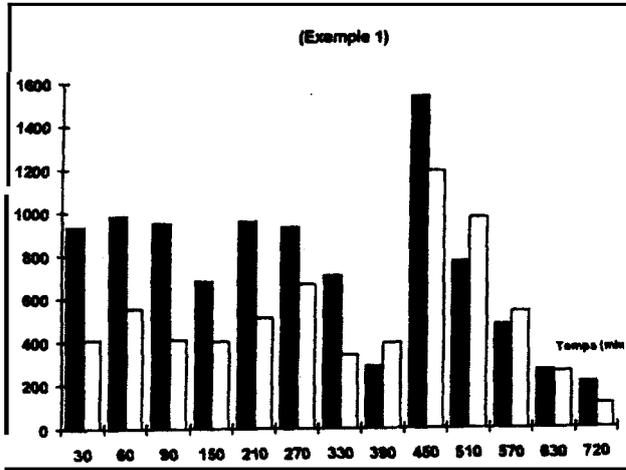
N/NTK	N/NH ₄ ⁺	P _{total}	P/PO ₄ ³⁻
15 à 67	6 à 18	2,75 à 10,4	1,7 à 3,1

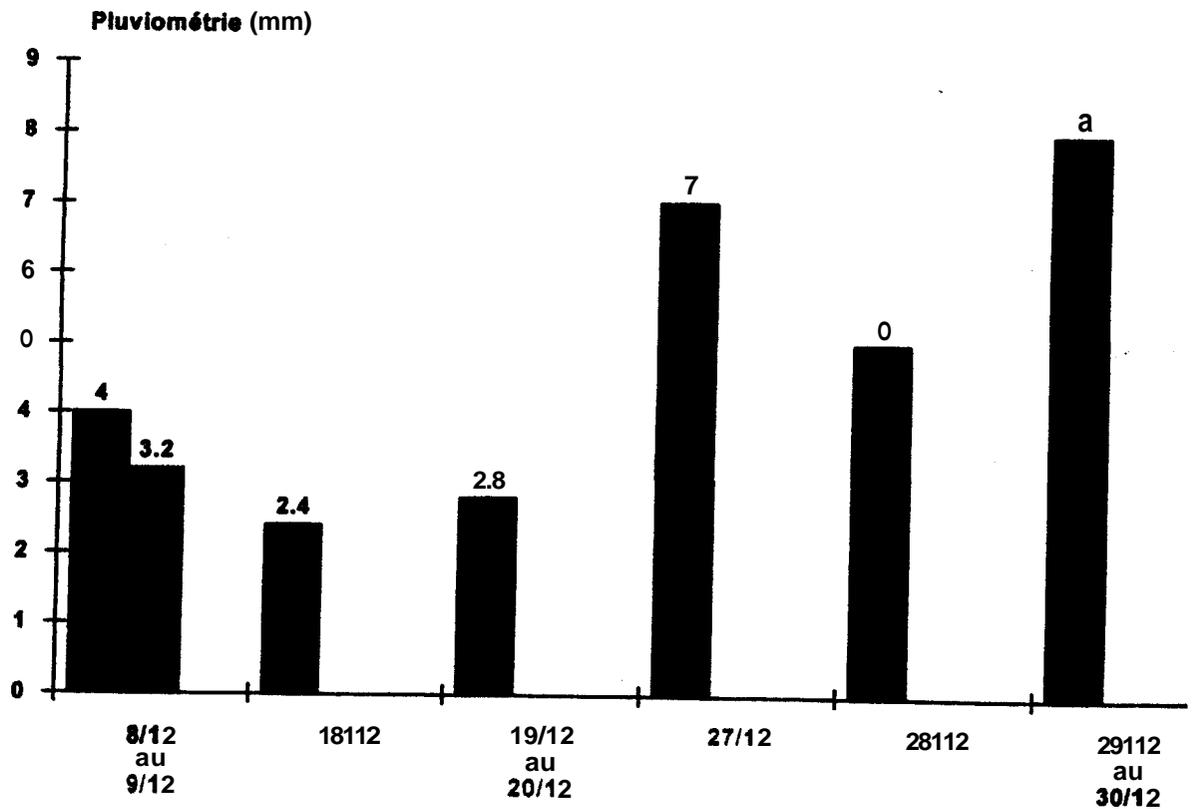
Variation des paramètres liés aux sels dissous

pH	TAC mg/l CaCO ₃	Conductivité µS/cm
7.1 à 7.35	145 à 267	572 à 771



Exemple de pollutogrammes



**RESULTATS OBTENUS SUR LE DENSADEG****SURVERSES CHARGEES****PLUVIOMETRIE ET CARACTERISTIQUES DES SURVERSES**

Caractéristiques des surverses	A	A		A	B	A
Rdt % DCO _{totale}	76,4	81,6	38,6	79,7	61,1	79,3
Rdt % MeS	88,9	90,7	76,4	86,6	90,4	91,9

**CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT**

FeCl ₃ (g/m ³)	Polymère (g/m ³)	Vitesse sur la lamellaire m/h
30/ 80	1,3 / 2,1	72

RESULTATS MOYENS OBTENUS (mg/l)

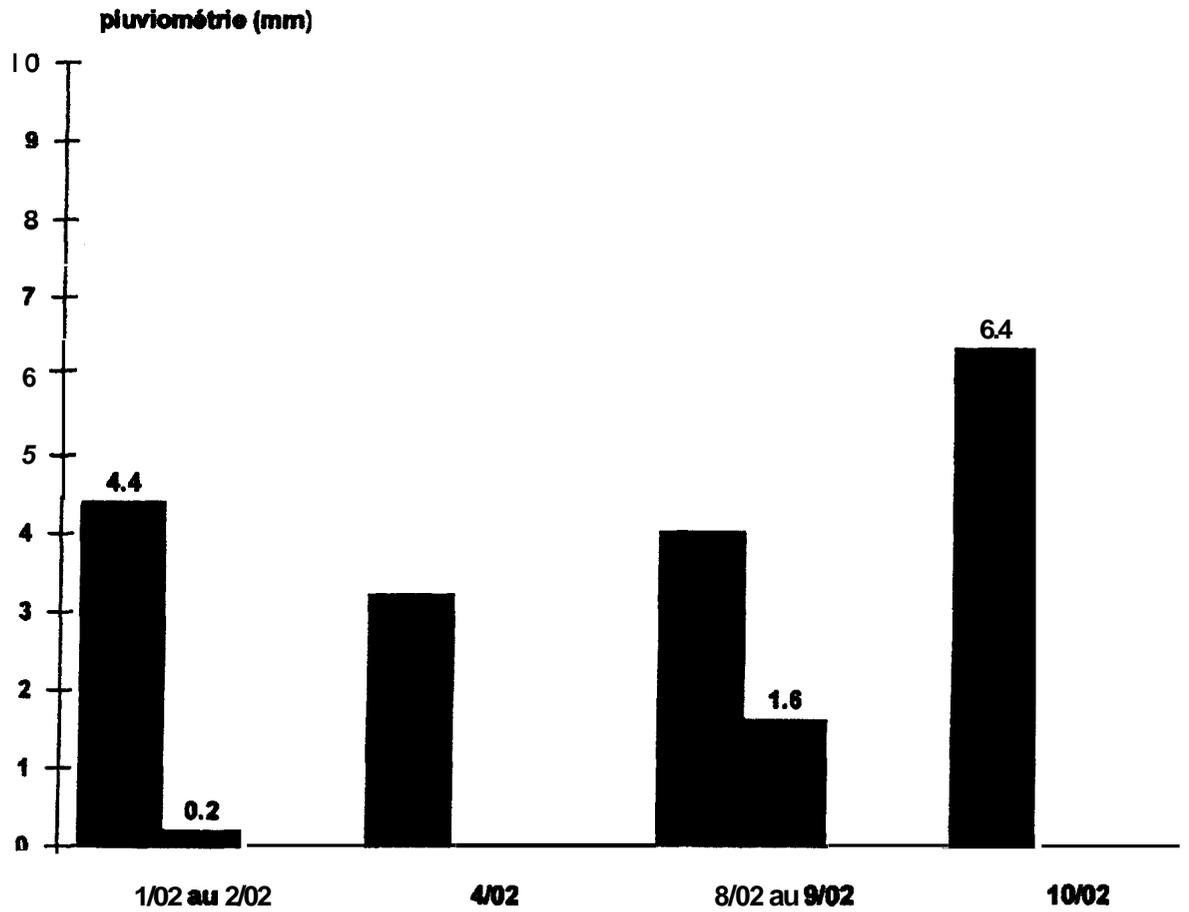
	DCO _t	DCO _s	MeS	Conductivité MS/cm	P/PO ₄ ³⁻ ortho
Eau brute	528	95	366	675	2,7
Eau traitée	154	86	44	711	0,52
Rdt %	70,8	≈ 10	87,9		80,7

ELIMINATION DE LA DCO totale ET DE LA DBO₅ (mg/l)

	EAU BRUTE		SORTIE DENSADEG		RENDEMENT %	
	DCO _t	DBO ₅	DCO _t	DBO ₅	DCO _t	DBO ₅
8-9/12	622	200	147	58	76,4	71
18/12	1024	360	188	90	81,6	75
19/12	591	185	363	80	38,6	57

SURVERSES FAIBLEMENT CHARGÉES

PLUVIOMETRIE ET CARACTERISTIQUES DES SURVERSES



Caractéristiques des surverses	B	B	A	B
Rdt % DCO _{totale}	60,4	69,2	72,3	54,5
Rdt % MeS	83,9	76,5	81,1	83,3



COI IS DE FONCTIONNEMENT

FeCl3 (g/m ³)	Polymère (g/m ³)	Vitesse sur le lamellaire m/h
40 / 80	2,1 / 2,5	80

TS MOYENS

	DCO _t	DCO _s	MeS	Conductivité MS/cm	P/PO ₄ ³⁻ ortho
Eau brute	279	61	201	580	1,84
Eau traitée	98	45	38	622	0,08
Rdt %	64,9	26,2	81,1		95,6

ELIMINATION DE LA DCO totale ET DE LA DBO₅ (mg/l)

	EAU BRUTE		SORTIE DENSADEG		RENDEMENT %	
	DCO _t	DBO ₅	DCO _t	DBO ₅	DCO _t	DBO ₅
2/02	306	125	121	44	60,4	64,8
4/02	237	95	73	18	69,2	81
10/02	361	225	100	68	72,3	69,8

**ELIMINATION DES METAUX**

		Eau brute micro g/l	Eau traitée micro g/l
1/02	Mo	5	5
	Co	5	5
	Ba	61	28
	Mn	92	165
	Ag	2	2
	Sr	265	246
	Fe total	1570	3135
	Cu	5	10
	Zn	765	390
	Cr	5	3
	Cd	2	2
	Ni	9	10
	V	3	3
Be	1	1	
10/02	Pb	45	8
21/02	pb	141	19
27/02	Cu	88	7
	Zn	794	83
	Ni	19	12

Pour les faibles concentrations de quelques microgrammes, il n'y a pas de différence entre l'eau brute et l'eau traitée.



Pour les concentrations de quelques dizaines voire centaines de microgrammes, les différences sont significatives.

	Rendement %
Zn	49
Pb	82 à 86
Cu	92

CARACTERISTIQUES DES BOUES

Celles-ci sont produites en quantité importante et sur de courtes périodes. Un traitement de boues fraîches sera donc nécessaire.

Matières Sèches	40 à 60 g/l
Matières volatiles % MS	40 à 60 %

Du fait de la concentration élevée des boues, il n'est pas nécessaire de les épaisir avant la déshydratation.



DESHYDRATATION DES BOUES

Ces boues pouvant représenter des flux importants, il importe de pouvoir les déshydrater efficacement pour réduire les volumes en vue de leur destination finale.

OBTENU EN FONCTION DES APPAREILS UTILISES

Déshydratation sur filtre presse : 45 a 50 %

Déshydratation sur filtre a bande : 30 a 40 %

Déshydratation par centrifugeuse : 35 a 40 %

VALORISATION DES BOUES

Les analyses des éléments traces sont regroupées dans le tableau suivant.

Les résultats sont exprimés en mg/kg sur produit sec.

Cadmium	< 10
Chrome	< 150
Cuivre	< 350
Mercure	< 6
Nickel	< 60
Plomb	< 700
Zinc	< 2500
Sélénium	< 5
Total Cr + Cu + Ni + Zn	< 3000

Selon la norme 44041, les résultats des analyses n'indiquent pas de contre indication à la valorisation en agriculture des boues.



5. Conclusions

Les résultats confirment la grande variabilité des caractéristiques des surverses unitaires par temps de pluies, en fonction de l'intensité, de la fréquence des épisodes pluvieux et de la durée de temps sec précédent l'épisode pluvieux.

L'asservissement du dosage des réactifs (coagulant et floculant) à la turbidité de l'eau brute permet d'obtenir un fonctionnement stable et optimale, ainsi qu'une réduction des consommations.

Pour les surverses chargées et faiblement chargées, les rendements d'élimination sont compris entre 60 et 70 % pour la DCO, 60 et 70 % pour la DBO₅ et en moyenne supérieurs à 80 % pour les matières en suspension.

Par rapport aux simulations effectuées durant les essais, la pollution éliminée par événement pluvieux (minimum et maximum) correspond à celle de 2700 à 37000 eq. hab. pour les MeS et 2800 à 20000 eq. hab. pour la DCO.

La concentration élevée (40 à 60) g/l des boues extraites du Densadeg permet un traitement de déshydratation direct.

En fonction de l'appareil de déshydratation utilisé la siccité est comprise entre 30 et 50 %.

Les résultats des analyses selon la norme NF 44041 n'indiquent pas de contre indication à la valorisation agricole des boues.