

## THÈME 3

# LES MOYENS DE REDUIRE LES REJETS OU LES IMPACTS

Président de séance : M. AFFHOLDER, Directeur général-adjoint des Services Administratifs et Techniques du S.I.A.A.P.

## EXPOSE INTRODUCTIF

J.-L. BERTRAND-KRAJEWSKI \*, B. BREUIL \*\*, L. HERREMANS \*\*\*, D. RENARD \*\*\*\*

\* Lyonnaise des Eaux-Dumez/C.I.R.S.E.E.

\*\* Département de Seine-Saint-Denis / D.E.A.

\*\*\* Anjou-Recherche

\*\*\*\* Direction Régionale de l'Environnement d'Ile-de-France

Le premier thème nous a permis de mieux appréhender les caractéristiques de la pollution des rejets urbains par temps de pluie : d'où vient-elle ? en quelles quantités ? quelles sont ses spécificités ? Autant de questions abordées, fouillées, mais encore des interrogations, des besoins de recherche !

Le deuxième thème consacré aux impacts sur les milieux récepteurs a montré combien ils étaient différents de ceux provoqués par les pollutions chroniques permanentes : effets de chocs ou différés, complexité des phénomènes et interactions avec des processus naturels,...

Devant l'ampleur des problèmes, la multiplicité des « accidents écologiques » (mortalités piscicoles, contaminations de zone de conchyliculture...), les fermetures momentanées d'usines de production d'eau potable, que peut-on faire ? que doit-on faire ?

Si les eaux de ruissellement et leurs pollutions associées s'écoulent de l'amont vers l'aval, se concentrent dès la parcelle urbanisée vers les ouvrages collectifs, nous choisirons pourtant de présenter cet état de l'art dans l'ordre inverse :

- partant du milieu récepteur, remontant les réseaux d'assainissement jusqu'aux propriétés des particuliers ;
- commençant par les solutions curatives pour introduire ensuite les approches préventives.

Cette logique nous semble mieux correspondre aux préoccupations telles qu'elles se posent, par leur caractère d'urgence, aux services chargés de la protection des milieux aquatiques et aux gestionnaires des réseaux d'assainissement. Cette démarche pragmatique ne doit pourtant pas occulter les efforts de prévention à entreprendre le plus en amont possible, avant concentration des eaux de ruissellement, et le plus tôt possible, lors de la définition même des opérations d'urbanisme.

Cet état de l'art tentera, enfin, de dégager les actions possibles, mais aussi leurs limites et les critères et contraintes à prendre en compte pour orienter une politique cohérente de lutte contre la pollution des rejets urbains par temps de pluie :

- les actions directes sur le milieu récepteur ;
- le fonctionnement des stations d'épuration par temps de pluie ;
- la désinfection des eaux pluviales ;
- les traitements spécifiques en réseau d'assainissement ;
- les actions en amont des réseaux ;
- les critères pour une politique cohérente.

## 1. LES ACTIONS DIRECTES SUR LE MILIEU RECEPTEUR

Le risque provenant de la rencontre entre un élément vulnérable (le milieu récepteur) et un événement perturbateur (les rejets urbains de temps de pluie) il est possible d'essayer de le réduire en diminuant la vulnérabilité du milieu [CHOCAT, sept. 1992].

Les communications proposées dans les 2 premiers thèmes soulignent que les effets de chocs, en particulier ceux observés sur la Seine à l'aval de Paris, avaient pour cause les rejets urbains massifs dus aux orages, mais aussi le manque chronique d'oxygène dissous à l'amont des points de rejet.

Différentes stratégies, certainement complémentaires, peuvent être envisagées pour diminuer ces effets de choc :

- soit on limite la demande instantanée en oxygène lors des orages par une politique de diminution des rejets polluants. On se reportera aux solutions étudiées ci-après : adaptation des stations d'épuration, traitement au fil des débits, décantation extensive...
- soit on augmente la quantité d'oxygène dissous disponible dans le milieu. Cette dernière forme d'action peut elle-même être mise en œuvre par différents procédés mécaniques agitation de l'eau, insufflation d'oxygène, injection d'eau sursaturée en oxygène ...) ou hydraulique (soutien des étiages, chutes d'eau aux barrages de la navigation...);
- soit on réduit la conséquence des effets de chocs sur la faune, en installant des zones protégées où les poissons peuvent se réfugier en cas de pollution brutale (gravière, bras secondaire...), ou encore en introduisant des espèces piscicoles moins sensibles à la pollution ;
- soit on répare le milieu récepteur agressé par des campagnes d'alevinage, par des curages au droit et à l'aval des déversements, par des ramassages des flottants, ...

Il s'agit bien évidemment de pis aller destinés le plus souvent à gérer la crise, mais qui doivent être complétés par des mesures préventives.

## 2. LE FONCTIONNEMENT DES STATIONS D'EPURATION PAR TEMPS DE PLUIE

Les surcharges hydrauliques et de pollution qui arrivent aux stations d'épuration par temps de pluie provoquent des dysfonc-

tionnements plus ou moins importants et durables. L'objet de ce paragraphe est de faire un rapide tour d'horizon des connaissances sur l'impact de ces surcharges sur le fonctionnement des stations d'épuration [BERTRAND-KRAJEWSKI, 1992]. Nous nous intéresserons, ici, aux stations à boues activées, et ce pour 3 raisons essentielles :

- ce sont les stations les plus nombreuses (du moins en France) ;
- ce sont les stations qui sont les plus sensibles aux surcharges par temps de pluie ;
- ce sont les stations sur lesquelles des études par temps de pluie, bien que peu nombreuses, ont été réalisées. En effet, les procédés à cultures fixées, réputés moins sensibles aux variations de charge et de débit, n'ont pas fait l'objet d'études complètes par temps de pluie.

Dans un premier temps nous décrivons l'impact des rejets de temps de pluie sur les ouvrages successifs de la station, puis nous évoquerons quelques stratégies possibles de gestion des stations d'épuration pendant les épisodes pluvieux. En conclusion, nous rappellerons le contexte plus général de la gestion des eaux pluviales et les recherches nécessaires.

## 2.1. IMPACT DES REJETS PLUVIAUX SUR LES OUVRAGES DE LA STATION

### 2.1.1. Dégrillage — Dessablage

Par temps de pluie, les refus de dégrillage peuvent être 5 à 10 fois plus importants qu'en temps sec [KASSNER, 1987]. De même, suivant le site, la période de l'année et la pluie, les volumes de sables peuvent être multipliés dans des proportions allant de 2 à 20 par rapport au temps sec [LONDONG, 1990].

Il est indispensable d'en tenir compte dans le dimensionnement des ouvrages. Par ailleurs, les fréquences de nettoyage des dégrilleurs et d'extraction des sables doivent être augmentées par temps de pluie, sous peine d'engorgement et de blocage des ouvrages.

Une mauvaise extraction des sables aura des répercussions importantes sur les étapes ultérieures du traitement :

- sédimentation dans les bassins et les digesteurs,
- abrasion des pompes,
- modification de l'indice de Mohlmann,
- dépôts et bouchage des conduites.

### 2.1.2. Décanteur primaire

Par temps de pluie, les charges en solides entrant dans le décanteur primaire augmentent de manière très importante. Il y a une chute de rendement de la décantation du fait de l'augmentation des vitesses de passage, éventuellement aggravée par la remise en suspension des solides décantés antérieurement. On observe également que de nombreux décanteurs font malheureusement office d'épaississeur des boues primaires, ce qui amplifie les dysfonctionnements par temps de pluie.

Compte tenu de la nature minérale des solides transportés en temps de pluie, il y a une augmentation de la masse décantée et de l'épaississement, si bien que lorsque le volume de boue double, la masse des solides correspondante peut être multipliée par cinq [KASSNER, 1987].

On observe également des pointes de concentration en sortie de décanteur, en retard sur les pointes de débit, notamment pour l'ammonium.

L'ensemble de ces observations a remis en cause la pratique allemande consistant à admettre en décantation primaire 3 à 5 fois le débit moyen de temps sec QTS pour ne conduire vers la suite du traitement que 2.QTS, car elle entraîne le rejet de charges polluantes importantes vers le milieu récepteur [SCHWENTNER et KRAUTH, 1990].

### 2.1.3. Traitement de la pollution carbonée

Durant les épisodes pluvieux, les rendements d'élimination de la DBO5 et de la DCO sont diminués. En effet, l'augmentation des débits entraîne une réduction des temps de séjour et une fuite de la biomasse vers le clarificateur. Par ailleurs, le rapport DCO/DBO5 a tendance à augmenter, traduisant une moins bonne biodégradabilité des effluents par temps de pluie.

Néanmoins, les rendements restent en général acceptables. Les études réalisées ont montré que l'on passait de plus de 90 % en temps sec à 70-80 % en temps de pluie, avec des concentrations en DCO dans l'eau traitée inférieures à 50 mg/l en général [Schwentner 1992]. Les rendements restent élevés lorsque la station travaille à faible charge massique, qu'elle est dimensionnée pour éliminer l'azote et que les capacités d'oxygénation sont suffisantes.

Par ailleurs, les événements pluvieux peuvent provoquer des changements de populations dans la biomasse, notamment une augmentation des bactéries filamenteuses.

### 2.1.4. Nitrification

Par temps de pluie, compte tenu des pointes de charge et de concentration en ammonium, et de la forte consommation en oxygène dissous, on observe une baisse importante de la nitrification (figure 1). Un phénomène similaire a été mis en évidence lors de la vidange des bassins tampons situés à l'amont de la station [SCHWENTNER, 1992].

Il faut en général un délai de 1 à 2 heures après l'épisode pluvieux pour retrouver les valeurs habituelles de temps sec.

L'impact sur la nitrification est d'autant plus marqué que le débit admis sur la station est important. La figure 2 illustre l'évolution observée en passant d'un débit maximum de 2.QTS à 5.QTS.

Les différents essais semblent cependant montrer que, pour les épisodes pluvieux les plus fréquents, la capacité de nitrification n'est pas affectée durablement.

### 2.1.5. Dénitrification

En raison de la baisse du carbone organique facilement assimilable dans les eaux de temps de pluie, et de la baisse de la nitrification, la dénitrification est considérablement diminuée. Le phénomène est généralement amplifié par l'augmentation de la recirculation qui réduit encore les temps de séjour alors que la cinétique de la réaction est déjà ralentie. Il y a donc augmentation de la concentration en nitrates dans l'eau traitée (figure 3).

Il faut environ une dizaine d'heures pour retrouver les valeurs moyennes de temps sec.

### 2.1.6. Déphosphatation

Si la déphosphatation est effectuée par voie physico-chimique, les rendements peuvent être maintenus au niveau requis dès lors que l'on asservit le dosage des réactifs aux flux de phosphore. La seule difficulté notable provient de l'éventuelle dégradation de la clarification finale.

Dans le cas d'une déphosphatation biologique, la présence d'oxygène dissous et de nitrates non dénitrifiés, la diminution des temps de séjour et de la cinétique des réactions conduisent à une moins bonne dissolution du phosphore dans la zone anaérobie et anoxique. En conséquence, sa réabsorption est réduite et l'élimination globale est moins bonne (figure 4). Le rétablissement des rendements de temps sec est très long et demande, dans certains cas, plus de 24 heures.

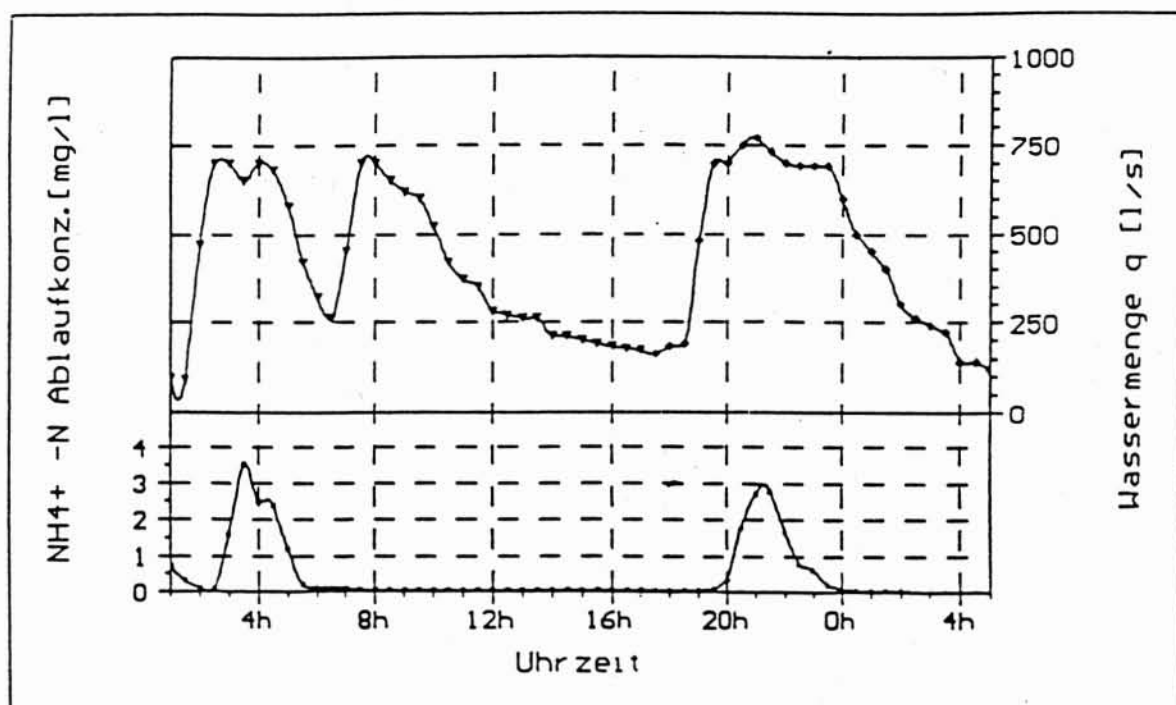


Figure 1 : Evolution de la concentration en ammonium en sortie de station au cours des épisodes pluvieux (d'après [SCHWENTNER, 1992]).

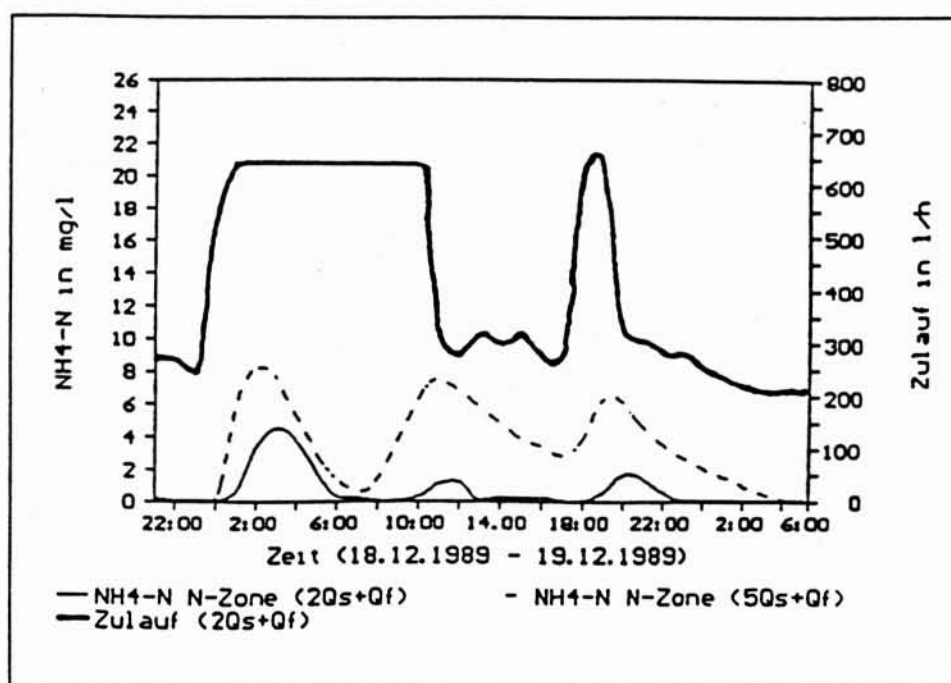


Figure 2 : Variations de la concentration en ammonium en fonction du débit admis à la station (d'après [SCHWENTNER et KRAUTH, 1990]).

### 2.1.7. Clarification

C'est bien évidemment l'étape où les dysfonctionnements par temps de pluie sont les plus connus et les plus visibles. L'augmentation des débits entraîne les boues de l'étage biologique vers le clarificateur où elles s'accumulent. Il y a accroissement de la charge massique dans le clarificateur, le voile de boues remonte et les boues sont entraînées vers le milieu récepteur.

La figure 5 montre l'augmentation de la concentration en MES en sortie de la station en fonction de l'augmentation de la charge hydraulique superficielle. Cette augmentation est également liée à l'augmentation du flux massique des boues, et il est difficile de faire la part des deux phénomènes.

La solution classique consiste à augmenter la recirculation, afin de ramener les boues vers le bassin d'aération. Ce faisant,

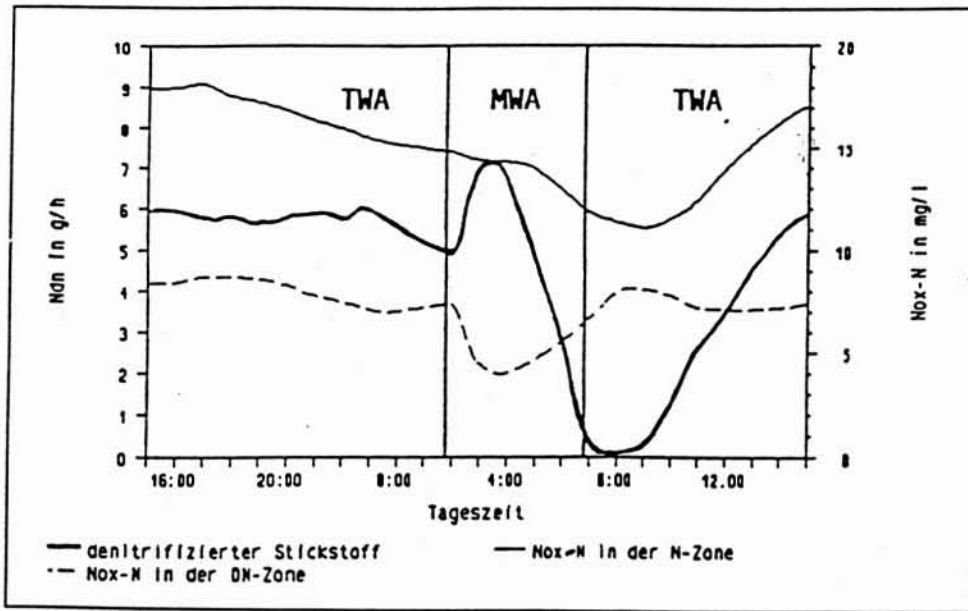


Figure 3 : Evolution de la dénitrification au cours d'un épisode pluvieux (d'après [SCHWENTNER et KRAUTH, 1990]).

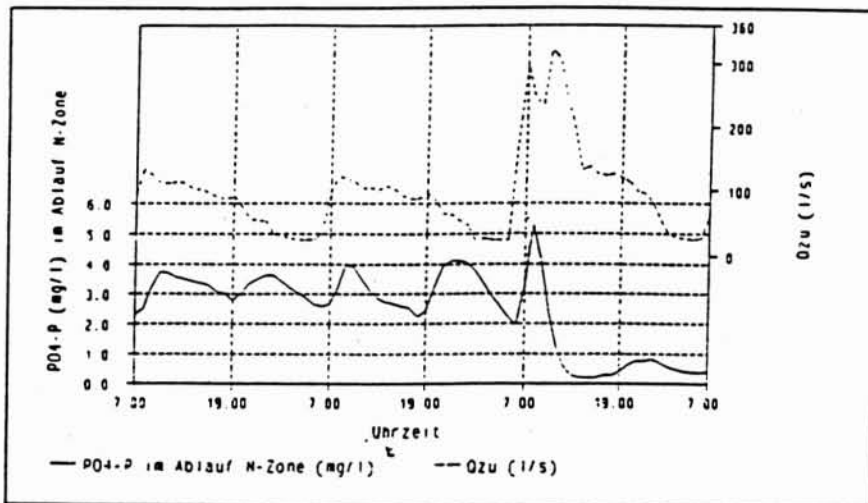


Figure 4 : Evolution de la concentration en phosphates en sortie de bassin de nitrification au cours des épisodes pluvieux (d'après [BAUMANN et KRAUTH]).

on contribue malheureusement à l'augmentation de la dilution et à la réduction des temps de séjour. La perte en boues peut toutefois être partiellement compensée par l'épaississement des boues lié à l'augmentation de leur teneur en matière minérale durant les épisodes pluvieux.

La seule solution satisfaisante reste en définitive un dimensionnement plus important du clarificateur en augmentant notamment sa profondeur.

Les paragraphes qui précèdent montrent la grande sensibilité des stations actuelles aux épisodes pluvieux. Les différentes études réalisées ont montré que l'on ne pouvait raisonnablement admettre plus de 3 à 3,5 fois le débit de temps sec sans entraîner des dysfonctionnements importants durant l'épisode pluvieux et pendant une période longue (parfois supérieure à 24 heures), nécessaire pour retrouver un fonctionnement correct de temps sec, tant pour la filière eau que pour la filière boues.

## 2.2. GESTION DES STATIONS PAR TEMPS DE PLUIE

Pour limiter les dysfonctionnements durant les épisodes pluvieux et pour essayer de garantir le retour aux conditions nominales de temps sec dans les plus courts délais, plusieurs stratégies de gestion ont été proposées. On notera que, dans la majeure partie des cas, il s'agit davantage de limiter l'ampleur des problèmes que d'assurer un traitement satisfaisant. Par ailleurs, ces stratégies n'ont généralement été mises en œuvre que pour des débits maximum limités à environ 4 ou 5.QTS.

### 2.2.1. Le by-pass

C'est, malheureusement, la méthode souvent mise en œuvre par temps de pluie ! Les différents essais ont montré que des valeurs de 3 ou 3,5.QTS étaient généralement admissibles sur

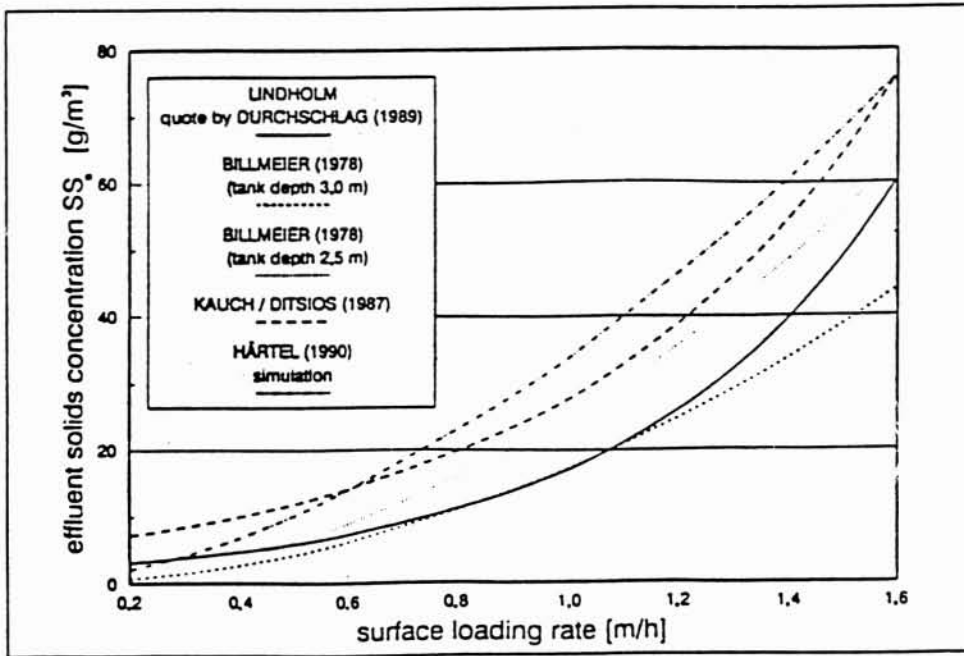


Figure 5 : Concentration en MES en sortie de station en fonction de la charge hydraulique superficielle (d'après [DURCHSCHLAG et al., 1991]).

les stations classiques. Aller au-delà, avec 4 ou 5.QTS, conduit en effet à des résultats catastrophiques, notamment en raison des fuites de boues [LESSARD et BECK, 1989]. La solution intermédiaire consistant à admettre davantage de débit sur les prétraitements et la décantation primaire que sur l'étage biologique n'est guère plus satisfaisante (cf. paragraphes précédents).

2.2.2. La modification des circuits des boues

Les méthodes classiques (augmentation de la recirculation, stockage intermédiaire dans un bassin tampon aéré, stockage en ligne par alimentation étagée) peuvent donner satisfaction pour les épisodes pluvieux habituels. Elles présentent l'intérêt de supprimer les fuites de boues, mais, bien évidemment, au prix d'une dégradation de la qualité de l'eau traitée [DEQUINZE, 1984], [ANDREWS, 1974], [CHAPMAN, 1985].

Des expériences ont été faites en court-circuitant le bassin d'aération et en alimentant directement le clarificateur avec les eaux arrivant sur la station [LESSARD et BECK, 1989]. Sur la station de Vienne en Autriche, avec deux étages biologiques successifs, un répartiteur de débit envoie la moitié du débit sur chaque étage équipé de son propre clarificateur (figure 6). De cette manière, les deux clarificateurs ne sont pas en surcharge hydraulique, ce qui évite les fuites de boues. La nitrification est

alors interrompue, mais est rétablie dans un délai moyen de 2 jours, délai d'autant plus long que le débit admis durant la pluie a été important [KASELOW, 1990].

Cette solution préfigure peut-être les stations futures, en faisant fonctionner soit en série soit en parallèle deux filières identiques, selon que l'on est en temps sec ou temps de pluie, afin de minimiser les perturbations sur la station.

Il est clair que seuls des essais, avec différentes configurations, et en incluant judicieusement des bassins tampons, permettront d'améliorer l'aptitude des stations actuelles et futures à faire face aux surcharges de temps de pluie.

2.2.3. Conclusion

Les rejets urbains par temps de pluie ont un impact important sur le fonctionnement et le rendement des stations d'épuration à boues activées, et provoquent des perturbations qui se traduisent par :

- des pics de concentration importants en MES dans l'eau traitée ;
- une légère baisse de rendement sur le traitement de la pollution carbonée ;
- une forte baisse, voire un arrêt, de la nitrification, avec des pointes en ammonium de plusieurs mg/l en sortie ;

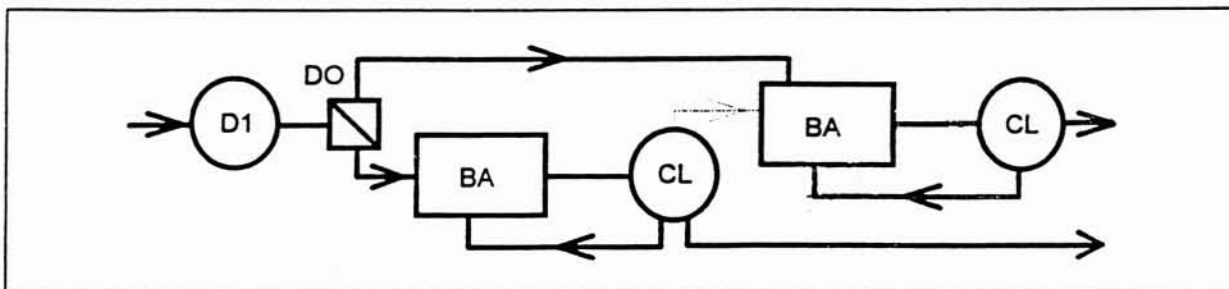


Figure 6 : Gestion du temps de pluie sur les stations à deux étages biologiques (d'après [KASELOW, 1990]).

- une chute, légèrement différée, de la dénitrification ;
- un stockage des boues dans le clarificateur et, éventuellement, une fuite de ces boues vers le milieu récepteur ;
- une baisse temporaire de l'indice de boues, qui peut éventuellement précéder une remontée significative.

Il est également possible que les épisodes pluvieux aient des conséquences à plus long terme, notamment en provoquant des changements dans l'équilibre des populations bactériennes.

La qualité des eaux traitées est fortement altérée par temps de pluie. La gestion courante consiste le plus souvent à éviter autant que possible les fuites de boues, sans chercher véritablement à optimiser le traitement. D'autre part, en temps de pluie, le milieu récepteur reçoit tous les rejets directs des déversoirs d'orages situés à l'amont de la station.

Il est donc indispensable :

- d'avoir une vision globale du système bassin versant + réseau + station d'épuration [DURCHSCHLAG et al., 1991]. En effet, la recherche d'un équilibre entre les différentes techniques disponibles pour traiter les eaux pluviales tout au long de leur parcours est essentielle, avec le souci principal de minimiser l'ensemble des rejets d'un bassin versant vers le milieu récepteur ;

- de passer d'une vision statique ou moyenne du fonctionnement des stations à une vision dynamique des procédés, aussi bien en temps sec qu'en temps de pluie. Cela devrait entraîner des modifications importantes dans la conception et la gestion des stations [LESSARD et BECK, 1989], [BEBIN et al., 1992]. Et ce d'autant plus que la nouvelle directive européenne du 21 mai 1991 exige un fonctionnement satisfaisant des installations durant 95 % du temps, c'est-à-dire y compris pour tous les épisodes pluvieux non exceptionnels.

Trois questions majeures sont donc posées :

- comment améliorer le fonctionnement et la gestion des stations existantes par temps de pluie ?
- comment concevoir et dimensionner les stations d'épuration futures pour qu'elles répondent dans les meilleures conditions aux exigences nouvelles par temps de pluie ?
- dans le cadre global de la gestion des eaux pluviales à l'échelle du bassin versant, quelle est la part de ces eaux qu'il est nécessaire et raisonnable de traiter au niveau des stations d'épuration ?

## BIBLIOGRAPHIE

- ANDREWS J.-F. — Dynamic models and control strategies for wastewater treatment processes. *Water Research*, 1974, vol. 8, pp. 261-289.
- BAUMANN P., KRAUTH K. — Untersuchung der biologischen Phosphatelimination bei gleichzeitiger Stickstoffelimination auf der Kläranlage Waiblingen. *Korrespondenz Abwasser*, 1991, n° 2, pp. 192-198.
- BEBIN J., BALLAY D., LESOUF A. — Réflexions sur les performances et la fiabilité des stations d'épuration des eaux résiduaires urbaines. *Techniques et Sciences Municipales*, 1992, n° 7-8, pp. 345-351.
- BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L. — Impact des rejets urbains par temps de pluie sur le fonctionnement des stations d'épuration : étude bibliographique. Rapport interne C.I.R.S.E.E. / Lyonnaise des Eaux-Dumez, Le Pecq, septembre 1992, 66 pages.
- CHAPMAN D.T. — Final settler performance during transient loading. *Journal of Water Pollution Control Federation*, 1985, vol. 57, n° 3, pp. 227-234.
- DEQUINZE J. — Influence des phénomènes transitoires sur la conduite du décanteur secondaire dans une station d'épuration à boues activées soumise à des variations du débit d'alimentation. *La Tribune du Cebedeau*, 1984, vol. 37, n° 482-483, pp. 3-15.

DURCHSCHLAG A., HARTEL L., KASELOW M., KOLLATSCH D., OTTERPOHL R., SCHWENTNER G. — Total emissions from combined sewer overflow and wastewater treatment plants. *Environ. Water Pollution Control*, 1991, vol. 1, n° 6, pp. 13-23.

FLECKSEDER H. — Discussion of « Total emissions from combined sewer overflow and wastewater treatment plants ». *Environ. Water Pollution Control*, 1992.

KASELOW M. — Untersuchungen zur Mischwasserbehandlung in zweistufigen. Belebungsanlagen. *Korrespondenz Abwasser*, 1990, n° 8, pp. 894-898.

KASSNER W. — Regenbecken und Klärbetrieb, Planung, Bau und Betrieb von Regenentlastungen, Fachgespräch Kanalnetzsteuerung und Regenentlastungen, Ber. Wassergütwirtschaft und Gesundheitsingenieurwesen. Technische Universität, München, 1987.

LESSARD P., Beck M.-B. — Impacts et contrôle des débits en temps de pluie à une usine d'épuration par boues activées. *Sciences et Techniques de l'Eau*, 1989, vol. 22, n° 2, pp. 131-140.

LONDONG J. — Sandfanggut in kommunale Kläranlagen. *Korrespondenz Abwasser*, 1990, n° 12, pp. 1473-1475.

SCHWENTNER G. — Auswirkungen der Regenwasserbehandlung auf Kläranlagen. A.T.V., Seminar für die Abwasserpraxis, Aktuelles zur Regenwasserbehandlung. Bremen, 9-10 april 1992, 16 pages.

SCHWENTNER G., KRAUTH K. — Auswirkung von Mischwasserzufluss auf die Reinigungsleistung von Belebungsanlagen : Erste Ergebnisse halbertechnischer Untersuchungen. *Korrespondenz Abwasser*, 1990, n° 8, pp. 866-871.

## 3. LA DESINFECTIION DES EAUX PLUVIALES

Les rejets urbains par temps de pluie véhiculent une pollution bactérienne importante. Les concentrations en coliformes fécaux varient entre 10 et 104 pour 100 ml, avec parfois des pointes à 106, selon l'urbanisation, le type d'habitat, les modes de vie [ELLIS, 1991], [DESBORDES, 1985], [OLIVIERI et al., 1989]. Dans toutes les zones de baignade, de loisirs nautiques et de conchyliculture, une désinfection de ces rejets devra s'imposer (mais encore faut-il que toutes les eaux usées soient collectées).

La désinfection par les filières classiques d'épuration est relativement limitée :

- traitement biologique par boues activées : 1 à 2 Ulog ;
- traitement biologique par cultures fixées : < 0,5 Ulog.

Des rendements plus élevés, indispensables dans certaines zones, ne peuvent être atteints qu'avec des filières classiques de désinfection : chloration, ozonation, etc. Les rendements obtenus dépassent alors 99 %, c'est-à-dire 2.Ulog [LAGER et al., 1977].

Plusieurs difficultés se présentent lorsque l'on souhaite désinfecter les rejets pluviaux :

- la grande variabilité en quantité et en qualité des effluents à traiter pose des problèmes importants de dimensionnement et de gestion des installations :
  - les traitements physico-chimiques entraînent des productions de boue importantes [ELLIS, 1991],
  - la décantation dans les bassins de rétention pourrait permettre une certaine élimination des bactéries, mais la mortalité des bactéries est plus faible au sein des dépôts que dans l'eau [ELLIS, 1989], [OLIVIERI et al., 1989],
  - les installations spécifiques, notamment par chloration,

fonctionnent avec des temps de séjour très courts (1 à 5 minutes généralement) et le problème du contact entre l'effluent et l'oxydant est déterminant [LAGER et al. 1977] ;

— les eaux traitées sont rejetées au milieu récepteur, et il est très difficile d'avoir un effet rémanent. On a ainsi observé des développements bactériens ultérieurs importants dans certains cas, remettant en question l'efficacité du traitement. Ces développements ultérieurs sont très faibles pour les streptocoques fécaux, moyens pour les coliformes fécaux et importants pour les coliformes totaux [LAGER et al., 1977]. A l'inverse, maintenir un effet rémanent pourrait être dommageable pour d'autres espèces du milieu naturel ;

— les rejets pluviaux urbains, issus des ruissellements sur les surfaces du bassin versant, présentent des concentrations en coliformes totaux qui ne sont pas représentatives des concentrations en germes pathogènes. Cela est dû au fait que les bactéries proviennent essentiellement des déjections animales (chiens, oiseaux, rats). Pour mettre en évidence ce phénomène, les mesures de contamination portent à la fois sur les streptocoques fécaux (SF) et les coliformes fécaux (CF). On a pu montrer qu'un rapport CF/SF > 4 indique une source de contamination humaine, tandis qu'un rapport CF/SF < 1 correspond à une contamination animale. Toutefois, l'interprétation de rapports CF/SF compris entre 1 et 4 est très délicate [OLIVIERI et al., 1989]. L'énumération des germes-test dans l'eau traitée sert également à contrôler les rendements de la désinfection. Compte tenu de la durée nécessaire pour effectuer la mesure, d'autres indicateurs de pollution bactérienne et virale ont été envisagés. Ainsi, la mesure en continu de l'ATP (Adénosine triphosphate), présente dans toutes les cellules vivantes, serait un bon indicateur de la contamination bactérienne et donc de l'efficacité du traitement, tous types de bactéries et de virus confondus. En effet, on a pu mettre en évidence une corrélation entre la baisse de l'ATP et la réduction de la pollution bactérienne [MOFFA et al., 1975].

La désinfection n'est pas encore une préoccupation majeure dans le traitement des rejets pluviaux, mais des expériences ont déjà été réalisées, notamment aux Etats Unis, depuis le début des années 1970. Il s'agissait le plus souvent de filières de traitement utilisées dans les stations d'épuration et adaptées aux volumes et aux débits de temps de pluie. Les oxydants employés étaient classiques : chlore gazeux, dioxyde de chlore, hypochlorite de sodium, ozone. Les rendements obtenus étaient supérieurs à 99 % avec des installations spécialement étudiées pour optimiser les temps de contact [LAGER et al., 1977]. En dehors de ces expérimentations, peu de progrès significatifs ont été réalisés jusqu'ici.

## BIBLIOGRAPHIE

DESBORDES M. — Bilan des études et recherches sur la pollution du ruissellement pluvial urbain dans les pays d'Europe de l'Ouest et de l'Amérique du Nord. Rapport L.H.M., Montpellier, 1985.

ELLIS J.-B. — Discussion about OLIVIERI and al. paper in urban discharges and receiving water quality impacts. I.A.W.P.R.C. / Pergamon Press, Oxford, 1989, pp. 109.

ELLIS J.-B. — Measures for the control and treatment of urban runoff quality. Report DT/PL/FV/JP pour l'Agence de l'Eau Seine-Normandie, Londres, novembre 1991.

LAGER J.-A., SMITH W.-G., LYNARD W.-G., FINN R.-M., FINNEMORE E.-J. — Urban stormwater management and technology : update and user's guide ; U.S.-E.P.A., report n° EPA-600/8-77-014, Cincinnati (Ohio), 1977, 313 pages.

MOFFA P.-E. et al. — Bench-scale high-rate disinfection of combined sewer overflows with chlorine and chlorine dioxide. U.S.-E.P.A., report n° EPA-670/2-75-021, avril 1975.

OLIVIERI V.-P., KAWATA K., LIM S.-H. — Microbiological

impacts of storm sewer overflows : some aspects of the implication of microbial indicators for receiving waters — Urban discharges and receiving water quality impacts. I.A.W.P.R.C. / Pergamon Press, Oxford, 1989, pp. 47-54.

## 4. LES TRAITEMENTS SPECIFIQUES EN RESEAU D'ASSAINISSEMENT

En complément des traitements en station d'épuration, la réduction de la pollution des rejets de temps de pluie passe par des ouvrages de traitements spécifiques.

Ces traitements spécifiques actuellement existants ou en cours d'étude sont tous orientés vers une direction unique : l'élimination des matières en suspension et des matières flottantes présentes dans les eaux de temps de pluie. A l'heure actuelle, il paraît peu réaliste ou prématuré de vouloir traiter de façon spécifique la pollution soluble, celle-ci nécessitant des installations de type station d'épuration.

Les dispositifs actuellement utilisés pour l'élimination des matières citées précédemment sont axés :

- sur la décantation pour les matières en suspension,
- sur la coalescence pour les matières en émulsion (hydrocarbures).

### 4.1. LES OUVRAGES DE DECANTATION

Les ouvrages, basés sur le principe de la séparation solide/liquide par gravité, sont de deux grands types :

- la décantation extensive dans des bassins de grandes dimensions,
- la décantation au fil de l'eau dans des ouvrages compacts de type lamellaire ou centrifuge.

#### 4.1.1. La décantation extensive

Les ouvrages assurant une décantation extensive ont été, initialement, conçus dans un but de régulation hydraulique (exemples de Nancy et du département de la Seine-Saint-Denis). Ainsi, du fait d'un stockage de l'eau pendant un temps plus ou moins long, il a été constaté que ces ouvrages assuraient, parallèlement à leur rôle premier, une dépollution significative des eaux stockées.

A partir de cette constatation, des ouvrages à vocation essentielle de dépollution ont été réalisés (notamment en Seine-Saint-Denis) et ont permis de mieux cerner les rendements qui pouvaient être escomptés sur la pollution particulaire.

Ainsi ces rendements peuvent atteindre les valeurs suivantes :

- 80 à 85 % pour les matières en suspension,
- 60 à 70 % pour les matières organiques,
- 75 à 80 % pour la pollution métallique.

Le paramètre gouvernant le dimensionnement de ces ouvrages est la vitesse de chute des particules.

Les différentes études menées aussi bien en France qu'à l'étranger montrent que la vitesse de chute à adopter pour obtenir les rendements précédents est :

- pour les réseaux pluviaux : de l'ordre de 2,5 m/h,
- pour les réseaux unitaires : de l'ordre de 1,5 m/h.

Il a été cependant constaté que ces vitesses pouvaient varier d'un site à l'autre et qu'il était donc nécessaire, dans tous les cas, de réaliser des mesures de contrôle afin de vérifier que les effluents à traiter possédaient des caractéristiques proches de celles données précédemment.

Par ailleurs, on doit souligner que ces ouvrages, comme tout ouvrage de décantation, ne permettent pas de réduire de façon significative la pollution soluble. Ils permettent cependant, par leur fonction de stockage, de réguler les flux de pollution rejetés et, par voie de conséquence, de réduire les effets de choc dus aux apports brutaux de pollution.

Dans sa communication au colloque de l'A.F.I.T.E. des 4 et 5 novembre 1992, [G. CHEBBO, 1992] avance quelques chiffres sur le dimensionnement de ces ouvrages :

- pour traiter la pollution annuelle (provoquant des effets cumulatifs), il estime que les volumes à prendre en compte sont de l'ordre de 100 m<sup>3</sup>/ha-imperméabilisé ;
- pour traiter les événements critiques (provoquant des effets de choc), il estime que ce volume doit être de 200 m<sup>3</sup>/ha-imperméabilisé.

Les chiffres montrent, qu'en milieu urbain dense (où les zones imperméabilisées sont les plus importantes), les ouvrages à réaliser vont mobiliser des surfaces considérables et, par voie de conséquence, des coûts importants, pas forcément compatibles avec les moyens financiers des collectivités.

Par ailleurs, le traitement sur réseaux unitaires ne peut être imaginé que par le biais d'ouvrages enterrés pour lesquels des traitements particuliers pour les nuisances (olfactives notamment) devront être prévus.

En conclusion, les ouvrages de décantation extensive, s'ils présentent un grand intérêt (en particulier, dans les zones d'urbanisation nouvelle possédant des réseaux de type séparatif), doivent être examinés avec attention dans le cas d'urbanisations anciennes. En effet, les coûts de génie civil et les surfaces occupées sont tels qu'il faudra s'efforcer de combiner de tels ouvrages à d'autres équipements tels que des parkings souterrains (cas du bassin enterré de Vitry-sur-Seine), afin de réduire globalement les coûts des ouvrages.

#### 4.1.2. Les ouvrages de traitement au fil de l'eau

Compte tenu des chiffres donnés précédemment au niveau de la décantation extensive, plusieurs réalisations, études et recherches ont été faites afin de mettre au point des ouvrages de traitement compacts qui permettraient d'obtenir des rendements suffisants à des coûts acceptables (on peut, en particulier, citer les études en cours sur ce thème à Nancy). Ce type d'ouvrage, qui permet de réduire considérablement les contraintes décrites précédemment, présente cependant quelques inconvénients (notamment, pour la réduction des flux instantanés) et pourra, dans bien des cas, être combiné à des ouvrages de stockage préalable.

##### 4.1.2.1. Le séparateur statique tourbillonnaire

Le principe de ce type de séparateur est d'allonger, par un mouvement hélicoïdal, le chemin parcouru par les particules solides afin de faciliter leur décantation.

Ce type d'ouvrage, expérimenté à l'origine aux U.S.A., a été testé en France (Seine-Saint-Denis, Lens) et a donné des résultats assez décevants (rendements inférieurs à 40 % sur les matières organiques).

Il apparaît notamment que ce type d'ouvrage est très sensible aux variations de débit et que son fonctionnement optimum ne peut être obtenu que sur une gamme de débit assez restreinte. Une évolution de ces ouvrages a été réalisée en Grande-Bretagne (Storm King Dynamic Separator) qui a permis d'améliorer le système (notamment de diminuer les risques de réentraînement des sédiments déposés).

Cependant, le problème majeur lié aux débits subsistent, ces ouvrages ne pouvant traiter que quelques dizaines de l/s et nécessitant donc, si on s'intéresse à des débits importants, des ouvrages de stockage préalables.

##### 4.1.2.2. La décantation lamellaire

La décantation lamellaire, déjà utilisée en eaux usées et potables, offre l'avantage d'effectuer un traitement au fil de l'eau au

contraire de la décantation extensive (qui demande des temps de séjour non négligeables).

Ce type de décantation permet donc :

- à débit égal, de réduire considérablement la taille des ouvrages nécessaires (rapport 1 à 10 entre décantation lamellaire et décantation simple) ;
- à surface égale, d'augmenter considérablement les rendements de décantation.

A débit égal, les rendements obtenus sont identiques à ceux obtenus en décantation simple (cf. paragraphe 1.1). On peut toutefois souligner que l'avantage de régulation, que l'on observe sur les ouvrages de stockage-décantation, disparaît du fait d'un temps de séjour beaucoup trop court. Ceci peut donc engendrer une diminution d'efficacité vis-à-vis de la pollution soluble.

Il faut cependant souligner qu'actuellement les constructeurs français travaillent tous sur cette voie, car elle apparaît comme la seule apte à répondre au traitement de débits importants.

Cette technique peut également être améliorée par l'adjonction de réactifs afin d'améliorer la floculation des matières en suspension. La mise en place d'une floculation nécessitera cependant une bache de contact (temps de contact nécessaire de l'ordre de huit à dix minutes) qui augmentera d'autant le génie civil à réaliser, mais permettra d'avoir une régulation des flots et, donc, une diminution des débits instantanés rejetés (cette bache jouant, en quelque sorte, le rôle de stockage des eaux).

Tout comme pour la décantation extensive, G. CHEBBO donne quelques chiffres pour le dimensionnement de ce type d'ouvrage :

- pour traiter la pollution annuelle, il estime que le débit de dimensionnement se situe vers 15 à 20 l/s/ha-imperméabilisé,
- pour traiter les événements critiques, il estime que ce débit se situera aux environs de 75 l/s/ha-imperméabilisé.

## 4.2. LA SEPARATION DES HYDROCARBURES

Plusieurs fabricants (Saint-Dizier, Bonna, Panavant...) proposent à l'heure actuelle des séparateurs basés sur le principe de la coalescence.

Les ouvrages sont tous conçus sur le principe suivant :

- un premier compartiment assure une fonction débouage (et enlève donc une partie des matières solides) ;
- un second compartiment assure la fonction de séparation des hydrocarbures en émulsion (un filtre coalesceur séparant les compartiments 1 et 2 et favorisant la flottation des hydrocarbures).

Cette technique donne de bons résultats, mais est cependant limitée à des débits de pointe de l'ordre de 250 à 300 l/s. Elle permet de limiter, en sortie d'ouvrage, la concentration en hydrocarbures à 5 mg/l. Comme pour tous les ouvrages permettant de traiter de faibles débits, des stockages préalables sont nécessaires afin d'éviter un réentraînement de la pollution arrêtée par ces installations.

## 4.3. CONCLUSION

Les différents dispositifs de dépollution des eaux de temps de pluie décrits dans les paragraphes précédents ne constituent pas une liste exhaustive des expériences réalisées à ce jour, mais correspondent aux principales fonctions que devront remplir les installations dans les années à venir compte tenu des connaissances actuelles dans le domaine.

Il n'y aura probablement pas d'installation type, les ouvrages à réaliser devant être dimensionnés en cohérence avec les objectifs fixés aux milieux récepteurs.

Cependant, on peut imaginer qu'un mélange des différentes techniques devra être recherché (notamment, entre décantation lamellaire, séparation des hydrocarbures et stockage préalable).

Par ailleurs, au-delà de ces ouvrages de traitement, une attention particulière devra être portée à la destination et au devenir des boues de décantation et aux procédés permettant d'en augmenter la siccité. La gestion des réseaux devra également être un axe de travail prioritaire, l'efficacité des ouvrages de traitement pouvant être très dépendante de celle du réseau lui-même.

Enfin, la nécessité de réaliser, en centre urbain dense, des ouvrages enterrés ne devra pas être la source de nuisances olfactives et engendrera probablement la réalisation de traitement des odeurs.

Toute nouvelle expérience ou réalisation dans le domaine du traitement des eaux de temps de pluie devra permettre d'améliorer la connaissance des phénomènes et d'apporter des réponses, jusqu'ici encore fragmentaires, sur l'efficacité des ouvrages.

## 5. LES ACTIONS EN AMONT DES RESEAUX

### 5.1. LE NETTOYAGE DES CHAUSSEES

Afin de limiter la pollution transportée par les eaux de ruissellement, une des actions possibles consiste à nettoyer régulièrement les chaussées. En effet, sachant qu'environ 50 à 80 % de la masse totale des solides déposés se trouvent dans les caniveaux [SARTOR et al., 1974], [ARTIERES, 1987], [NOVOTNY et al., 1985], on voit immédiatement l'intérêt d'éliminer cette pollution avant qu'elle ne soit entraînée par le ruissellement. Plusieurs techniques de nettoyage ont été testées.

Avec une efficacité croissante on peut citer :

- le balayage simple,
- le balayage + aspiration,

#### **l'hygiène des voiries.**

- le lavage au jet,
- le lavage sous pression.

Le balayage simple a une efficacité très limitée car les particules fines (< 100 µm), qui véhiculent la plus grosse part de la pollution, ne sont pas éliminées. La figure 7 montre la décroissance de l'efficacité du balayage en fonction de la taille des particules (d'après un tableau cité par [VALIRON, 1992]).

L'efficacité du balayage peut être accrue s'il est accompagné d'une aspiration suffisamment puissante, et s'il est effectué au moins trois fois par semaine [ELLIS, 1986]. Néanmoins, les rendements des aspiratrices sont très sensibles aux colmatages rapides des filtres et à l'humidité qui empêche l'élimination des particules fines « collées » au sol.

L'efficacité du balayage dépend également, dans le cas où il est réalisé avec des balayeuses aspiratrices motorisées, de la vitesse de circulation des engins (vitesse optimum de l'ordre de 5 à 8 km/h) et, bien évidemment, du nombre de passages [LAGER et al., 1977].

Le type de revêtement (béton, asphalte, pavés...) et son état (neuf, usé, dégradé...) sont des paramètres importants pour l'efficacité du balayage, mais également pour les nettoyages par jets d'eau.

Le lavage au jet simple transporte mieux les particules fines que le balayage, la pollution étant dirigée vers les avaloirs avec l'eau du jet. Dans les réseaux unitaires, la pollution est ensuite entraînée avec les eaux usées et traitée à la station d'épuration, alors que pour les réseaux séparatifs, elle reste dans les avaloirs ou les collecteurs et ne sera reprise que lors de la prochaine pluie. Dans ce dernier cas, l'effet est négligeable, hormis pour l'aspect visuel et l'hygiène des voiries.

Une dépollution plus importante peut être obtenue avec des jets sous pression, mais la question de la destination des eaux de lavage n'est pas résolue pour autant.

Un autre facteur important est la fréquence de nettoyage. Les différentes études réalisées (citées par [BERTRAND-KRAJEWSKI, 1991], [VALIRON, 1992], [VIGNOLES et HERREMANS, 1992]) ont montré que l'efficacité augmentait avec la fréquence du nettoyage, avec un rendement maximal possible d'environ 50 % pour 6 à 7 nettoyages par semaine.

On notera également que l'efficacité du nettoyage, quelle que

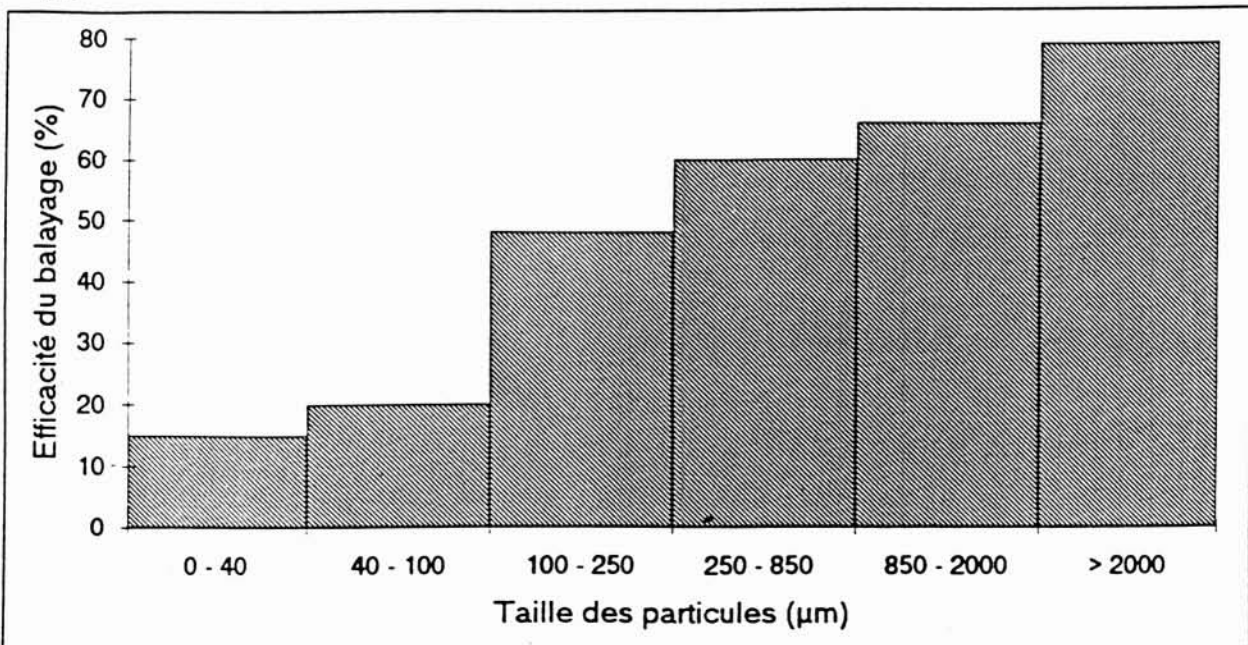


Figure 7 : Efficacité du balayage en fonction de la taille des particules.

soit la technique choisie, est souvent limitée par la présence des véhicules en stationnement le long des chaussées. Des études américaines [LEVIS, 1975] ont montré que le rendement du nettoyage tombait à 25 %, si 50 % des voitures étaient en stationnement, et que pour nettoyer efficacement 70 à 80 % des caniveaux, il fallait seulement 15 % de voitures en stationnement.

En conclusion, dans les conditions habituelles, le nettoyage des chaussées présente surtout un intérêt pour la pollution visuelle et l'hygiène des voiries. Il permet de retirer les éléments les plus grossiers, mais son efficacité moyenne pour les particules fines représentant l'essentiel de la pollution varie entre 10 et 30 %, avec de fortes variations selon les sites et les conditions opératoires. Seule une fréquence accrue du nettoyage (jusqu'à 1 fois/jour), en combinant balayage-aspiration et lavage, permet d'avoir un effet significatif sur la dépollution. Naturellement, les coûts de cet entretien augmentent en conséquence.

## BIBLIOGRAPHIE

- ARTIERES O. — Les dépôts en réseau d'assainissement : origine, caractéristiques, pollution, transport. Thèse de l'Université Louis Pasteur, Strasbourg, 1987, 214 pages.
- BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L. — Modélisation des débits et du transport solide en réseau d'assainissement : étude bibliographique. Rapport E.N.I.T.R.T.S. / Lyonnaise des Eaux-Dumez, Strasbourg, avril 1991, 207 pages.
- ELLIS J.-B. — Pollutional aspects of urban runoff : urban runoff pollution. Nato Asi series, vol. G10, Springer Verlag, Berlin, 1986, pp. 1-38.
- LAGER J.-A. et al. — Urban stormwater management and technology : update and user's guide. U.S.-E.P.A., report n° EPA-600/8-77-014, 1977, 313 pages.
- LEWIS A.-H. — Urban street cleaning. U.S.-E.P.A., report n° EPA-670/2-75-030, 1975.
- NOVOTNY V., SUNG H.M., BANNERMAN R., BAUM K. — Estimating non-point pollution from small urban watersheds. Journal of Water Pollution Control Federation, 1985, vol. 57, n° 4, pp. 339-348.
- SARTOR J.-D., BOYD G.-B., AGARDY F.-J. — Water pollution aspects of street surface contaminants. Journal of Water Pollution Control Federation, 1974, vol. 46, n° 3, pp. 458-467.
- VALIRON F. — Les moyens classiques d'élimination de la pollution des eaux pluviales dans l'assainissement des villes. Document Agence de l'Eau Seine-Normandie (provisoire), février 1992, 61 pages.
- VIGNOLES M., HERREMANS L. — Le nettoyage des rues : une alternative à la dépollution pluviale ? Conférence NOVATECH, Lyon, novembre 1992, pp. 272-283.

## 5.2. LE PIEGEAGE A L'INTERFACE VOIRIE-RESEAU

Les eaux de ruissellement pénètrent dans les collecteurs au niveau des avaloirs. Lorsque ces avaloirs sont équipés d'une capacité de stockage (bouche de décantation), il est possible d'arrêter une partie des solides transportés par le ruissellement. Cette rétention des solides présente un double intérêt : d'une part d'atténuer les flux polluants rejetés par temps de pluie, et d'autre part, réduire les apports de solides susceptibles de constituer des dépôts dans les collecteurs.

[GROTTKER et HURLEBUSH, 1987] ont mis en évidence un piégeage sélectif des particules, les plus grosses (> 200 µm), qui contribuent le plus aux dépôts, étant d'avantage retenues

que les particules fines. Après avoir comparé le fonctionnement de divers types d'avaloirs, [GROTTKER, 1990] a proposé un nouveau modèle avec une décantation améliorée des solides. D'autres études sont en cours pour analyser plus finement les phénomènes, en intégrant les éventuelles remises en suspension, en vue d'optimiser la géométrie et le dimensionnement des avaloirs [BUTLER, 1991].

La rétention des solides est très dépendante du type et de la taille des avaloirs, ainsi que des conditions hydrauliques. Le piégeage des particules peut être parfois relativement faible, ce qui explique les résultats décevants obtenus sur certains sites [BAKHAT, 1992]. L'optimisation des bouches avaloirs n'est donc pas terminée.

Enfin, il est bon de rappeler que, quel que soit leur type, les bouches avaloirs doivent être régulièrement curées (en fonction de l'encrassement réellement observé sur site), et surtout qu'une coordination étroite entre les services de la voirie chargés des avaloirs et les services de l'assainissement est indispensable. Cet entretien régulier et concerté est la meilleure garantie de l'efficacité des avaloirs avec décantation.

## BIBLIOGRAPHIE

- BAKHAT A. — Etude de l'efficacité des avaloirs pour la rétention des matières en suspension. Mémoire de fin d'études Mastère, ENITRTS, septembre 1991, 54 pages + annexes.
- BUTLER D. — South Bank Polytecnic, London, november 1991 (communication personnelle).
- GROTTKER M. — pollutant removal by catch basins in West Germany : state of the art, new design. Proceedings of « Urban Stormwater Quality Enhancement, source control, retrofitting and combined sewer technology », New York, 1990, 29 pages.
- GROTTKER M., HURLEBUSH R. — Mitigation of storm water pollution by gully pots. 4th International conference on Urban Storm Drainage, Lausanne, 1987, pp. 66-67.

## 5.3. LES CHAUSSEES POREUSES

Les chaussées poreuses ont été conçues initialement pour limiter et retarder les débits. Très vite cependant, on s'est aperçu que ces chaussées avaient un impact positif sur la qualité de l'eau.

Plusieurs études ont montré que les rendements de dépollution pouvaient être élevés notamment pour les MES et les métaux lourds (tableau 1).

Tableau 1 : Rendement de dépollution des chaussées poreuses pour quelques paramètres.

PARAMETRES	RENDEMENT DE LA DEPOLLUTION (%)	SOURCE
MES	36	Baladès et al. 1992
	95	Hogland et al. 1987
	40-83	Pratt et al. 1989
D <sub>CO</sub>	79	Baladès et al. 1992
Pb	86	Baladès et al. 1992
	40-50	Hogland et al. 1987
Zn	17-62	Hogland et al. 1987
Al	87-91	Hogland et al. 1987

Les chiffres disponibles sont malheureusement encore peu nombreux, et correspondent à divers types de chaussées : avant ou sans structure alvéolaire de stockage (type Nidaplast), avec différents types de matériaux [PRATT et al., 1989]. Dans tous les cas cependant, une dépollution est observée.

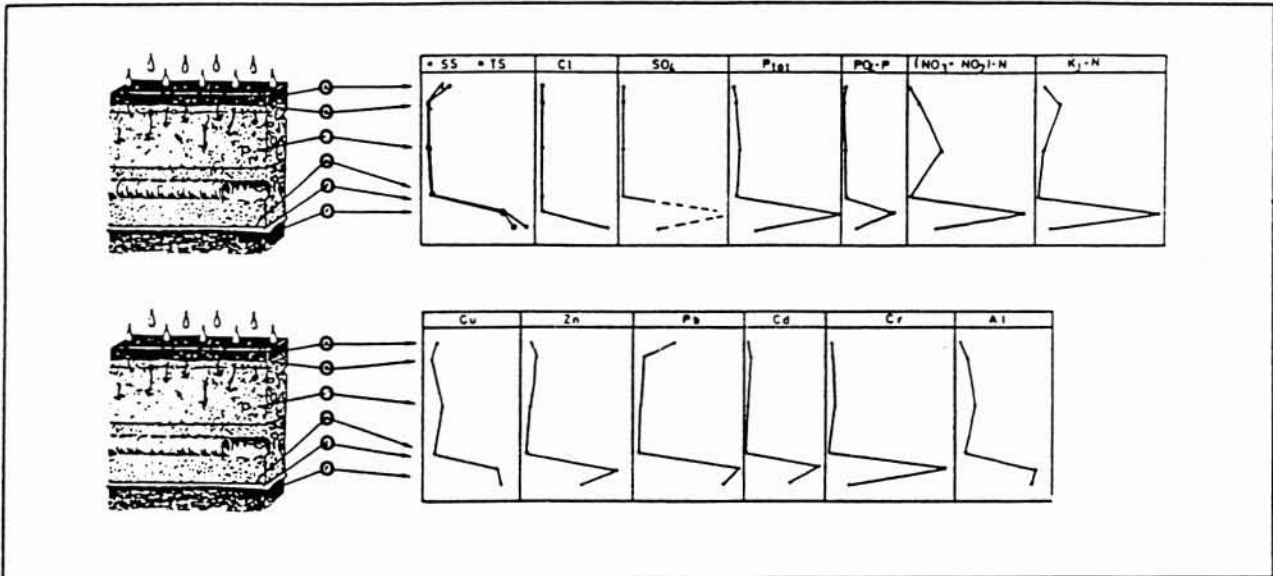


Figure 8 : Evolution de la quantité de polluants selon la profondeur (d'après [HOGLAND et al., 1987]).

Les études se poursuivent actuellement et tentent de préciser, par l'étude des profils verticaux, les endroits où la pollution est retenue. Cela devrait permettre de répondre à un certain nombre de questions sur la qualité des eaux lorsqu'elles s'infiltrent dans les couches sous-jacentes.

Ainsi, une étude suédoise [HOGLAND et al., 1987] a montré, dans le cas d'une chaussée réservoir drainée, que l'essentiel de la pollution était retenu au niveau du géotextile séparant la structure réservoir du sol naturel (figure 8).

Des études similaires françaises ont été menées dans la région de Bordeaux. Les résultats récents de ces expérimentations seront présentés au cours de ce colloque, confirmant ainsi la capacité des chaussées poreuses à dépolluer.

## BIBLIOGRAPHIE

BALADES J.-D., BOURGOGNE P., MADIEC H. — Evaluation de l'abattement des flux de pollution transitant dans un type de solution compensatoire. Conférence NOVATECH, Lyon, novembre 1992, pp. 66-75.

HOGLAND W., NIEMCZYNOWICZ J., WAHLMAN T. — The unit superstructure during the construction period. *The Science of the Total Environment*, 1987, vol. 59, pp. 411-424.

PRATT C.-J., MANTLE J.-D.-G., SCHOFFIELD P.-A. — Urban stormwater reduction and quality improvement through the use of permeable pavements : urban discharges and receiving water quality impacts. Pergamon Press, Oxford, 1989, pp. 123-132.

## 6. LES CRITERES POUR UNE POLITIQUE COHERENTE

Devant la panoplie de techniques, la kyrielle des intervenants ou la variabilité des objectifs de dépollution auxquelles ont à faire face les décideurs, il est difficile encore à l'heure actuelle de définir une politique d'ensemble, ou une technique de dépollution qui serait la panacée. Plus qu'une doctrine, ce sont donc quelques éclairages particuliers qui seront donnés dans ce qui suit :

### 6.1. COHERENCE DES OBJECTIFS

La cohérence est d'abord à trouver au niveau des objectifs de rejet au milieu naturel.

Doit-on lutter en premier lieu contre les effets chroniques stressants ou bien de choc ?

Comment éviter que les effets des moyens mis en œuvre par une collectivité au droit de ses rejets soient annulés par les négligences de l'amont ou de l'aval ?

Comment traduire les impacts de toutes les mesures au « fil du réseau » (de l'infiltration des E.P. à l'amont, la bonne gestion des réseaux en chemin, l'amélioration de la station d'épuration à l'aval) qui contribuent toutes à alléger la charge (polluante) supportée par le milieu naturel.

Il est nécessaire pour tout cela d'avoir une vision d'ensemble de l'impact des différents rejets au milieu naturel, et des différents traitements mis en œuvre.

Les SAGEs se mettent en place qui tenteront d'assurer cette cohérence. Encore faut-il prévoir aussi les outils d'aide au choix de leurs actions pour les décideurs et gestionnaires ?

Les modèles informatiques commencent à se développer qui permettent d'évaluer un gain en volume ou en paramètre de pollution, cela manque encore sur le milieu naturel.

### 6.2. ADEQUATION OBJECTIFS-MOYENS

Il va pourtant être nécessaire de fixer précisément des objectifs de rejet, car pour les abattements de pollution généralement envisagés, les moyens à mettre en œuvre peuvent augmenter très vite pour des écarts de performance de quelques %.

A titre d'exemple pour une décantation simple, on peut déterminer les volumes donc les surfaces à mettre en œuvre en fonction de l'objectif de dépollution recherché (figure 9).

Si l'on se base sur l'un des rares points de repères actuels, la recommandation européenne (tableau 2), on constate que au voisinage des 90 % d'abattement, les volumes nécessaires augmentent très vite selon l'objectif.

En pratique, il sera très difficile d'atteindre les 90 % d'abattement sur les surverses d'unitaire par simple décantation, 10 % des matières en suspension ayant des vitesses quasi nulles.

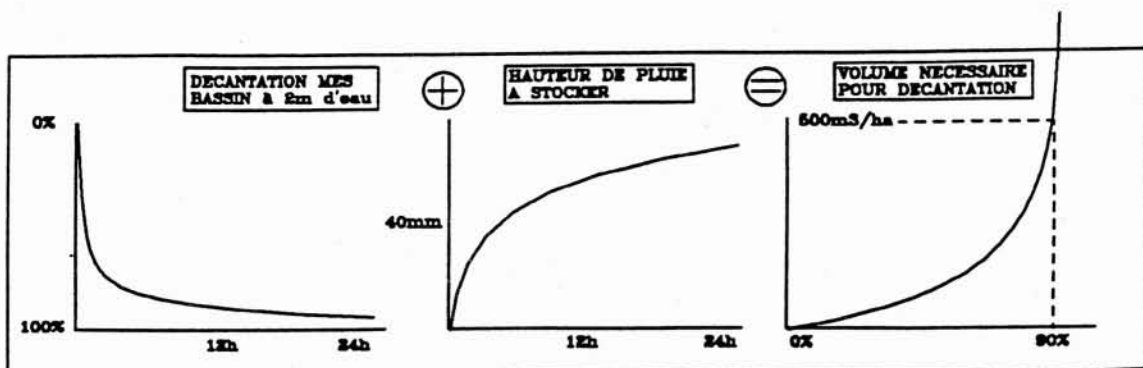


Figure 9 : Décantation simple : relation volume-objectif (d'après [DEA-93, 1992]).

Tableau 2 : Recommandations européennes.

DB05	25 mg/l	70 - 90%
DCO	125 mg/l	75 %
MES	30 mg/l	90 %

### 6.3. COHERENCE DANS LES CHOIX TECHNIQUES

Une bonne analyse des solutions à mettre en œuvre passe là encore par une vision d'ensemble.

Certains choix qui pourraient être intéressants localement peuvent l'être beaucoup moins à une échelle plus grande et même avoir un effet négatif.

On peut citer à ce sujet l'étude sur simulation réalisée à Utrecht au Pays-Bas où avait été testée entre autre technique celle qui consiste à limiter les surverses unitaires par l'intermédiaire de bassins d'orages (vidangés vers la station d'épuration). Du fait des baisses de performances de la station d'épuration lorsqu'on la surcharge par des eaux de pluies et compte tenu de l'abattement lié à la décantation en bassin, les investissements en ouvrages de stockages sont globalement inefficaces comme le montre la courbe suivante (figure 10).

Prudence donc, les techniques sont nombreuses et devront s'adapter aux caractéristiques du site. Des exemples tirés du Schéma Directeur d'Assainissement de Seine-Saint-Denis peuvent illustrer cela (tableau 3).

Tableau 3 : Exemples tirés du schéma directeur de Seine-Saint-Denis (d'après [BREUIL, 1992]).

	Bassin versant 1	Bassin versant 2	Bassin versant 3
Type de réseau	Séparatif	Unitaire	Séparatif
Surface	6 800 ha	10 200 ha	3 400 ha
Imperméabilisat.	30 %	40 %	30 %
Débit spécifique	4,9 l/s/ha	19 l/s/ha	25 l/s/ha
Volume stockage existants ou à créer (inondation)	515 m³/ha	104 m³/ha	176 m³/ha
Distance à la STEP	20 km	14 km	2 km
Stockage si dépollution à 90% par décantation	0 m³/ha	190 m³/ha	176 m³/ha

La première zone, possède de grosses capacités de stockage. Elle est éloignée de la station d'épuration. Les stockages existants sont suffisants pour envisager une décantation extensive à l'amont, complétée par un traitement au fil du débit à l'aval du débit résiduaire faible pendant la crue (10 m³/s) dans un bassin de 80.000 m³.

La deuxième zone, unitaire, est faiblement équipée en stockages. Les débits de rejet sont relativement importants. La distance à la station d'épuration (STEP) ne permet pas d'envisager le transport des eaux de temps de pluie. Ici la solution retenue est d'intercepter les différents déversements au voisinage des surverses d'orage et de les traiter sur place. Les débits énormes à traiter en site urbain impliqueront l'emploi des techniques les plus compactes (floculation, décantation lamellaire...).

La troisième zone, elle est très proche de la station d'épuration, par contre les débits à traiter sont très importants. La solution retenue sera ici de renforcer la STEP pour le traitement d'un débit de base, associée à des bassins d'orage au droit de chaque rejet.

### 6.4. COHERENCE DANS LA GESTION

#### 6.4.1. Gestion des flux

Un principe de base pour une bonne gestion des flux transitant dans les ouvrages est de chercher à éviter le mélange d'effluents de qualités différentes (eaux usées, pluviales, unitaires, épurées).

On peut l'illustrer de manière simple en comparant l'efficacité de la gestion de deux bassins en série (mélange d'eaux traitées et non) et de deux bassins en parallèle (gestion séparées des eaux, figure 11).

Le mélange des effluents traités et non traités a entraîné dans cet exemple une perte de 25 % sur la concentration en sortie.

De manière plus générale, la gestion rationnelle des effluents pourra être obtenue de plusieurs manières :

- création d'ouvrages réservés au transport des eaux pluviales épurées en zone unitaire ou séparative ;
- utilisation séquentielle des ouvrages d'eaux pluviales pour acheminer les eaux brutes vers les unités de traitement, puis les eaux épurées vers le milieu naturel ;
- raccordement des ouvrages d'eaux usées vers la station d'épuration à l'aval des surverses d'unitaires ;
- à l'amont d'émissaires unitaires, stockage des eaux usées de bassins versants séparatifs pendant les périodes de surverses de temps de pluie ;
- la mise en séparatif de zones unitaires reste problématique du fait de la difficulté à maîtriser la bonne séparation à l'amont des branchements particuliers.

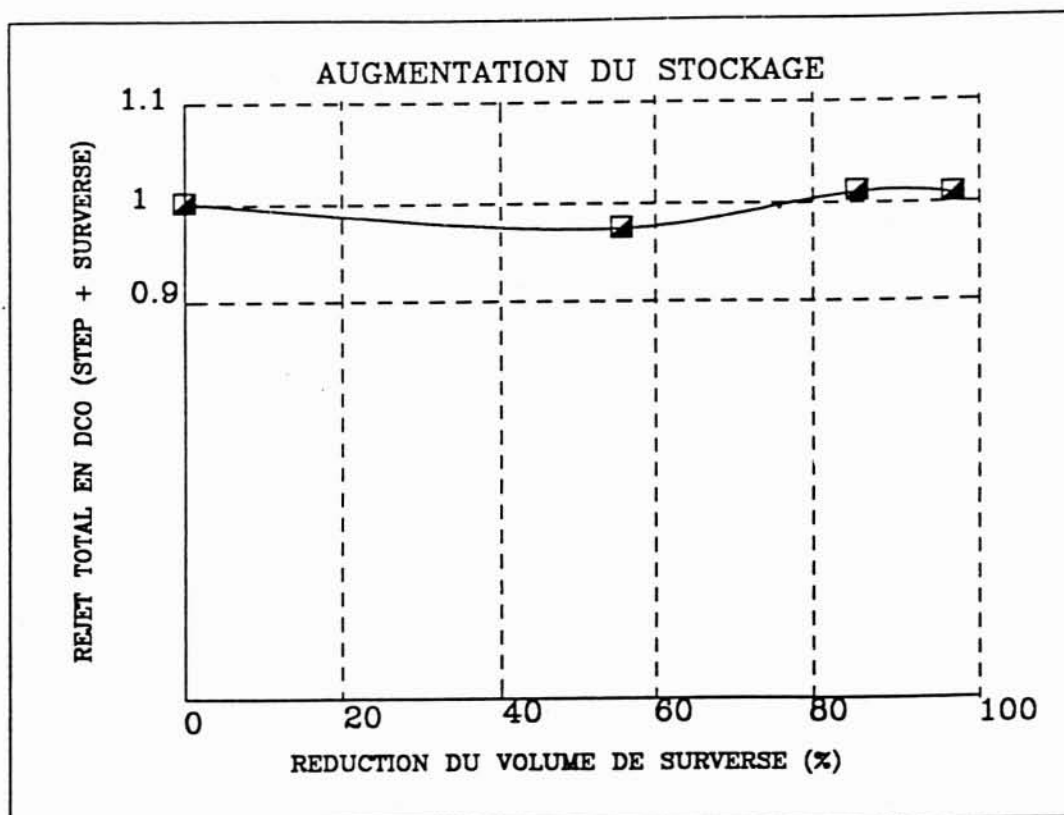


Figure 10 : Efficacité des investissements d'ouvrages de stockage (d'après [BRUUN et al,1992]).

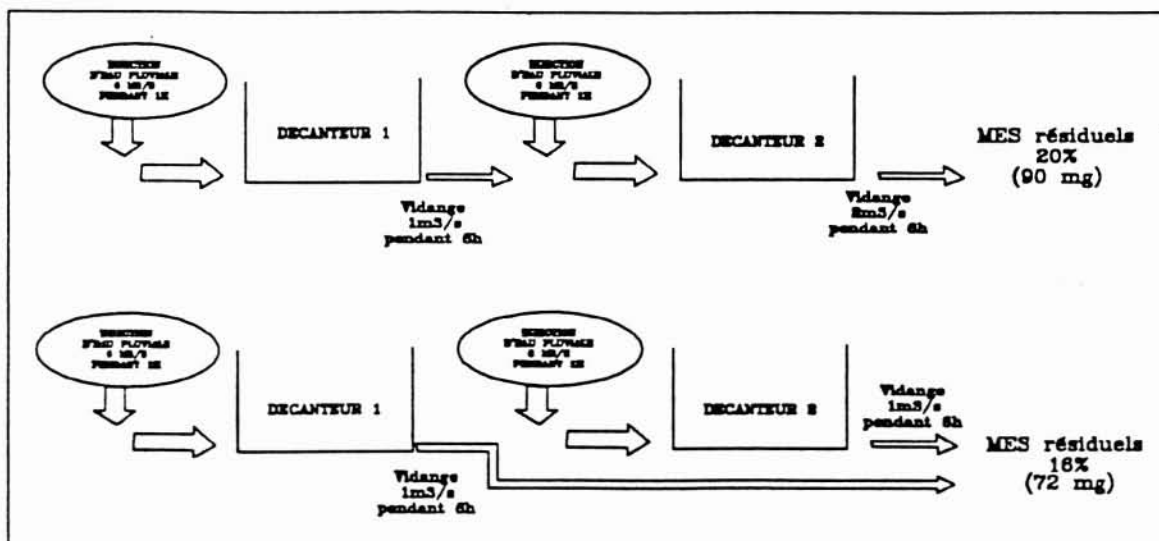


Figure 11 : Efficacité comparée bassins en série ou en parallèle.

#### 6.4.2. Gestion des ouvrages

Les bassins de retenue semblent promis à un bel avenir en assainissement du fait de leur double intérêt pour lutter contre les inondations et les pollutions. Ce développement devra être effectué en tenant compte des contraintes induites sur la gestion :

- avec l'augmentation des volumes, les temps nécessaires à la vidange atteignent vite des valeurs (10h — 20h), rendant aigüe la prise en compte d'orages successifs et donc la gestion rigoureuse des vidanges ;

- la gestion pour la lutte contre les inondations (on minimise le stockage pour garantir une sécurité hydraulique la plus grande) et la gestion pour la dépollution (on force le stockage pour augmenter le temps de séjour des effluents) sont quelque peu contradictoires sur un même ouvrage.

Deux illustrations là encore permettent de dégager deux principes pour y remédier :

- la meilleure cohérence entre stockage et décantation peut être trouvée en privilégiant les ouvrages de stockage et régulation du débit à l'amont et un traitement au fil du débit à l'aval.

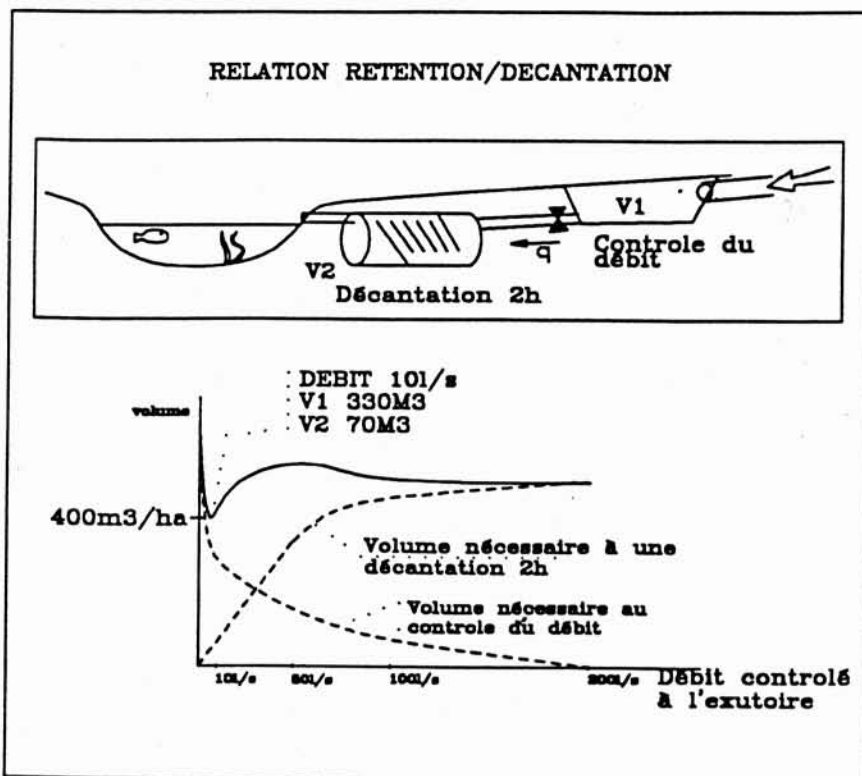


Figure 12 : Cohérence stockage-dégantation (d'après [BREUIL, 1992]).

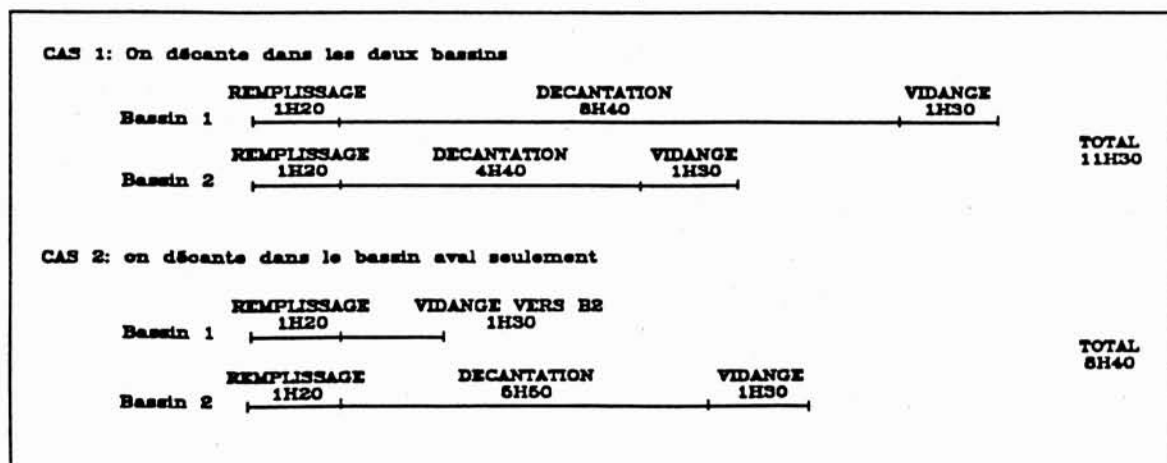


Figure 13 : Exemple de 2 bassins en série (d'après [BREUIL, 1992]).

On peut illustrer cela, en calculant l'évolution du volume de stockage nécessaire sur un bassin versant simple. En faisant varier le débit de consigne de la rétention amont, on peut rechercher l'équilibre « optimum » entre stockage amont et traitement aval. Pour une décantation de 2 h, cet optimum théorique est obtenu pour un débit de 10 l/s/ha, 80 % du volume étant réservé au stockage amont (figure 12) ;

— qui peut le plus, ne peut pas forcément le mieux : pour achever de semer le doute, on peut citer l'exemple de deux bassins de retenue en série. Utiliser les deux bassins pour la décantation nécessite un temps global de séjour plus grand que le traitement de l'ensemble des effluents dans le bassin aval où la décantation est plus rapide (figure 13).

L'ensemble des idées décrites dans ce chapitre loin d'être des principes généraux, ont plus pour objet de montrer le grand pragmatisme avec lequel il faut aborder le choix d'orientations

en matière de dépollution des eaux pluviales et donc, la nécessité d'acquérir les nombreuses données et les outils nécessaires à leur exploitation.

### BIBLIOGRAPHIE

- Département de Seine-Saint-Denis / DEA — Propositions pour un schéma d'assainissement. septembre 1992.
- BREUIL B. — Besoins nouveaux, projets innovants. Colloque « Les bassins nouvelle vague », Pantin, 16-17 juin 1992.
- DOYEN L. — La Molette, dépollution par décantation : pluie du 7 août 1989. décembre 1990.
- BRUUN M. et al. — Assessment of contained sewer overflow reduction techniques. Colloque abvatech, 1992.

## COMMUNICATIONS

### DES ILOTS DE SURVIE POUR LES POISSONS ! LA REOXYGENATION DE LA SEINE DANS LES SITUATIONS CRITIQUES

J. KRIER

Ingenieur hydrologue, S.I.A.A.P. — C.R.I.T.E.R.

#### RESUME

Ces dernières années, et en période pluvieuse particulière, les rejets en Seine d'eaux résiduaires non-traitées, ont provoqué d'importantes mortalités piscicoles. La modélisation de cette situation a permis de dresser un bilan oxygène de la qualité de la Seine pendant les épisodes critiques et amené le S.I.A.A.P. à réfléchir sur les solutions d'urgence à mettre en œuvre pour remédier à ce problème. Le concept d'îlot de survie est né, et des essais d'insufflation d'oxygène pur ont été lancés pour vérifier la faisabilité de l'entreprise.

#### 1. INTRODUCTION

Au cours d'événements pluvieux singuliers, les capacités actuelles de transport des eaux usées ou de traitement des stations d'épuration peuvent être saturées. On est alors amené à déverser dans les cours d'eaux des volumes importants d'eaux non-traitées, qui dans certaines conditions (étiage, température élevée), dépassent souvent de loin les possibilités d'auto-épuration du fleuve. La mortalité piscicole demeure la manifestation la plus brutale et la plus sensible d'un point de vue médiatique de l'effet néfaste de ces rejets sur le milieu naturel. Les orages de juin 1990 et de mai 1992 en sont une dramatique illustration. Le nouveau schéma directeur d'assainissement de l'agglomération parisienne proposé par le S.I.A.A.P., prévoit pour l'horizon 2015 d'importantes réalisations dont les objectifs peuvent être résumés ainsi :

— d'une part, une action préventive à long terme de réduction des volumes d'eaux brutes rejetés, par la mise en œuvre d'un certain nombre d'ouvrages de dépollution ;

— d'autre part, une action curative à court terme de sauvegarde pendant les épisodes critiques de la vie piscicole. La création îlots de survie en Seine s'inscrit dans cet objectif.

#### 2. ETAT DE LA SITUATION

Différents modèles de simulation peuvent permettre de rendre compte de l'impact des rejets d'origine pluviale sur le milieu naturel, et de dresser une cartographie de la concentration en oxygène dissous de la Seine pour tous les cas de figure.

Le modèle développé par HYDRATEC permet en particulier de simuler l'événement pluvieux de juin 1990, qui servira de base de calcul à la projection des futures installations d'oxygénation.

Rappelons que les caractéristiques de cet événement sont des déversements pluviaux générés par une pluie généralisée de fréquence décennale dans la Seine en étiage quinquennal (débit 75 m<sup>3</sup>/s), pour une température de 23 °C. La figure 1 permet selon ce modèle, de comparer de Paris intra-muros à l'écluse de Bougival, l'état de qualité de la Seine avant et après l'épisode pluvieux. Si l'on admet comme critiques pour la survie piscicole, des concentrations en oxygène inférieures ou égales à 1,5 mg/l, on peut remarquer que la zone viable pour les poissons se limite au parcours Suresnes-Clichy.

Les mortalités piscicoles depuis quelques années, sont principalement observées dans les zones d'anoxie ainsi matérialisées. C'est la conjonction des trois facteurs, orages, étiage et température élevée, qui concourt à transformer des accidents ponctuels en catastrophe écologique.

#### 3. LES CAUSES

C'est l'usine de Clichy par laquelle transitent les émissaires Clichy-Achères branche de Bezons et branche d'Argenteuil, qui est la source polluante la plus importante en cas de déversement. Le débit de ces déversements pour des épisodes pluvieux de nature orageuse peut atteindre des valeurs très importantes (près de 100 m<sup>3</sup>/s en débit de pointe pour l'orage de mai 1992).

La nature des déversements est à caractère « eaux résiduaires urbaines », avec une gamme de concentrations pour certains paramètres pouvant aller du simple au double, voire au triple de celle d'une eau résiduaire classique, les maximas en concentration étant généralement associés aux pointes de débit. Schématiquement on peut admettre que le flux polluant est caractérisé par deux fractions :

— premièrement, une fraction dissoute dont la partie facilement biodégradable peut constituer un point de départ à une consommation d'autant plus rapide de l'oxygène présent, que la biomasse consommatrice est apportée par la pollution elle-même. La partie moins facilement dégradable, également transportée à la vitesse du courant, contribue par sa cinétique plus faible d'élimination à créer l'anoxie très en aval de la source ;

— deuxièmement, une fraction solide sous forme de M.E.S qui constituent une part importante de la pollution. La bonne aptitude à la décantation de ces M.E.S, favorise la formation de dépôts qui participent par leur dégradation lente, à une certaine rémanence du phénomène bien au delà de l'arrêt des déversements. Dans le bief Suresnes — Bougival, les déversements de l'émissaire Saint-Denis / Achères à La Briche, ainsi que ceux des ouvrages pluviaux départementaux répartis le long du parcours, contribuent à précipiter le phénomène. L'ensemble des rejets à l'intérieur de Paris est responsable du secteur anoxique qui s'étale du centre de Paris jusqu'au barrage de Suresnes.

#### 4. LE COMPORTEMENT DU POISSON

Le découpage en biefs (zone comprise entre deux écluses) de la Seine a deux conséquences sur la vie piscicole :

— d'une part, la réoxygénation rapide et importante du milieu naturel à l'aval des barrages, qui constitue ainsi une zone naturelle de survie ;

— d'autre part, l'impossibilité, en cas d'urgence pour les poissons, de fuir au-delà de ces barrages pour trouver oxygène vital,