
CONTRIBUTION DES EPISODES PLUVIO-ORAGEUX A LA CHARGE POLLUANTE ANNUELLE EVACUEE PAR LE RESEAU UNITAIRE MAELBEEK — EMISSAIRE DE BRUXELLES

M. VERBANCK, P. WOLLAST, J.P. VANDER-
BORGHT

*Université Libre de Bruxelles — Traitement des
Eaux et Pollution (CP 208). Boulevard du Triomphe
— 1050 Bruxelles (Belgique)*

RESUME

Les décharges de pollution associées aux surverses d'orage font l'objet depuis plusieurs années d'un examen assez détaillé dans le réseau unitaire Maelbeek — Emissaire qui draine les eaux du centre de Bruxelles. L'approche spécifique adoptée par le Laboratoire de Traitement des Eaux de l'U.L.B. a été de développer et d'installer des appareils de mesure automatique de la pollution des eaux d'égout, susceptibles de réaliser sur le long terme (plusieurs années) une surveillance permanente de la qualité des écoulements (temps sec et temps de pluie). Les résultats acquis dans le cadre du projet démontrent d'une part l'ampleur des phénomènes de chocs de charge polluante évacuée au cours des événements pluvio-orageux individuels. D'autre part, l'acquisition de données de flux de pollution (MES, matières dissoutes) sur le long terme apparaît comme un outil de choix pour établir quelle est la contribution des surverses d'orage à la charge polluante annuelle évacuée par un tel réseau unitaire.

1. PRESENTATION DU PROJET

La configuration et le fonctionnement du réseau d'égouts du centre de Bruxelles découlent, de toute évidence, des pratiques d'assainissement qui étaient en vigueur à la fin du siècle dernier : le réseau est unitaire, les collecteurs principaux présentent des sections considérables (jusqu'à 4 mètres de haut), les pentes sont parfois extrêmement faibles, et il existe de très nombreuses connexions directes avec la rivière Senne, destinées au déversement des eaux excédentaires par temps de pluie. Les objectifs prioritaires de l'époque (évacuer le plus vite possible les eaux usées et les eaux d'orage) doivent à présent être complétés et réexaminés à la lumière des exigences nouvelles en matière de protection de l'environnement. Dans le cadre d'un effort général de modernisation de l'assainissement à Bruxelles, une attention particulière a été consacrée aux décharges de pollution liées au fonctionnement fréquent des déversoirs d'orage. L'approche spécifique adoptée par le Laboratoire de Traitement des Eaux de l'U.L.B. a été de développer et d'installer des appareils de mesure automatique de la pollution des eaux d'égout, susceptibles de réaliser sur le long terme (plusieurs années) une surveillance de la qualité des écoulements (temps sec et temps de pluie).

2. DESCRIPTION DU BASSIN-TEST ETUDIÉ

Le bassin de drainage « Maelbeek + Grand Emissaire de Bruxelles » a été choisi comme bassin-test et instrumenté de façon complète pour la surveillance détaillée des débits et des charges polluantes de surverse d'orage. Pour l'essentiel, cette surveillance se réalise de façon automatisée, grâce à la mise en service d'un important réseau de télémesure, qui a été décrit précédemment [Peters et al., 1988].

La superficie de la zone drainée (3.520 hectares) correspond au cinquième de ce qui sera raccordé à la future station d'épuration à construire au nord de l'agglomération bruxelloise. Ainsi que le montre la figure 1, ce bassin est fortement urbanisé (coefficient d'imperméabilisation de l'ordre de 60 %), avec une population résidente d'environ 400.000 habitants. Dans le centre ville, les collecteurs principaux, construits au siècle dernier dans le lit même de la rivière Senne, présentent des pentes très faibles (3 dix-millièmes environ) et de nombreuses connexions (déversoirs d'orage) avec les pertuis voûtés de la rivière.

A l'opposé, le Maelbeek, affluent de rive droite, est caractérisé par des pentes importantes sur tout son parcours, ce qui lui confère en crue un caractère torrentiel marqué. A sa confluence avec le collecteur Emissaire (rue du Lion à Schaerbeek), il est dès lors prolongé par un ouvrage majeur unique qui permet l'évacuation directe de toutes les eaux excédentaires vers la Senne.

3. CHOCS DE CHARGES POLLUANTES ASSOCIÉS AUX ÉVÉNEMENTS PLUVIO-ORAGEUX INDIVIDUELS

Les échantillonnages réalisés dans l'Emissaire de Bruxelles ont mis en évidence l'ampleur des chocs de charge polluante associés au premier flot des eaux d'orage. Cette pollution des têtes de crues semble particulièrement marquée à Bruxelles. A titre d'exemple, la figure 2 présente les flux échantillonnés à l'exutoire de l'Emissaire au cours de l'averse orageuse du 14 mai 1985, dont la période de retour a été estimée à deux ans environ. On observe en tout début de crue des flux considé-

rables de matières en suspension, dont de très grandes quantités de matière organique, reflétée par la demande chimique en oxygène. On peut noter que dans ce cas-ci, le maximum du flux massique de matières en suspension est de 20 kg de matière sèche à la seconde, soit une valeur plus de 100 fois supérieure à ce qui passe à la même heure par temps sec. Pour la durée totale de l'échantillonnage (8h30 — 14h), la charge normale de temps sec est de l'ordre de 11 t de MES et 15 t de DCO, alors que la charge de crue s'élève à 150 t de MES et 50 t de DCO. Pour fixer les idées quant à la charge totale solide en suspension, il faut noter qu'en une période d'à peine cinq heures, il passe l'équivalent de la somme des charges de trois journées complètes de temps sec.

4. BILAN ANNUEL DE LA CHARGE POLLUANTE

4.1. DONNÉES ACQUISES À L'AIDE DU RÉSEAU DE TÉLEMESURE

Pour la surveillance à long terme de la qualité des eaux, on dispose des résultats d'enregistrement acquis au moyen des sondes automatiques de qualité développées spécifiquement pour ce type d'application [Vanderborght et Wollast, 1990]. Ces appareils de mesure fournissent une information permanente sur la charge en matière dissoute (mesure de conductivité) et en matière en suspension (mesure de turbidité). On reprendra ici, en guise d'illustration, un enregistrement mensuel de ces deux paramètres à l'exutoire du grand Emissaire de Bruxelles (site de « Haren »). A la figure 3, on reconnaît les évolutions journalières typiques de concentrations en matières en suspension, avec une chute des MES à la fin de la journée et un minimum à la fin de la nuit. Au cours de ce mois de juin 1989, six épisodes de crue sont aisément mis en évidence, caractérisés par une chute importante de la conductivité et une augmentation des concentrations en MES par rapport à la situation normale de temps sec à la même heure.

Les concentrations peuvent être converties en flux massiques en les multipliant par les valeurs de débit mesurées dans le collecteur. La figure 4 présente les profils annuels des flux en matières en suspension et en matières dissoutes, ainsi que l'évolution de la température, également mesurée par les sondes automatiques.

4.2. CRITÈRE DE CRUE À HAREN

L'établissement d'un bilan de charge polluante pour l'Emissaire impose d'identifier sans équivoque les épisodes de crue au sein des séries temporelles de données, ce qui pose, au niveau de la méthodologie, plus de difficultés qu'il n'y paraît de prime abord. En première approche, nous avons choisi de retenir un critère de crue relativement peu sophistiqué, sous forme d'une valeur limite du débit, maintenue constante tout au long de l'axe de temps.

La recherche de cette valeur limite s'effectue de la manière suivante. On sait que le débit de temps sec à Haren, ainsi que nous l'avons démontré par ailleurs [Verbanck, 1992] résulte en fait de la somme du débit des eaux de sewage et des eaux naturelles parasites :

$$\text{Débit observé (Q-obs)} = \text{Débit des eaux de sewage (Q-s)} + \text{Débit eaux naturelles parasites (Q-inf)}$$

En sélectionnant une période de 7 jours de temps sec parfait (5 jours de semaine + 2 jours de week-end) et dans l'hypothèse d'un taux d'infiltration constant pour cette période, le calcul du débit moyen observé à Haren et la connaissance de Q-inf fournissent donc par différence la valeur de Q-s—moyen (Q-sm), le débit moyen de sewage. Du point de vue de la

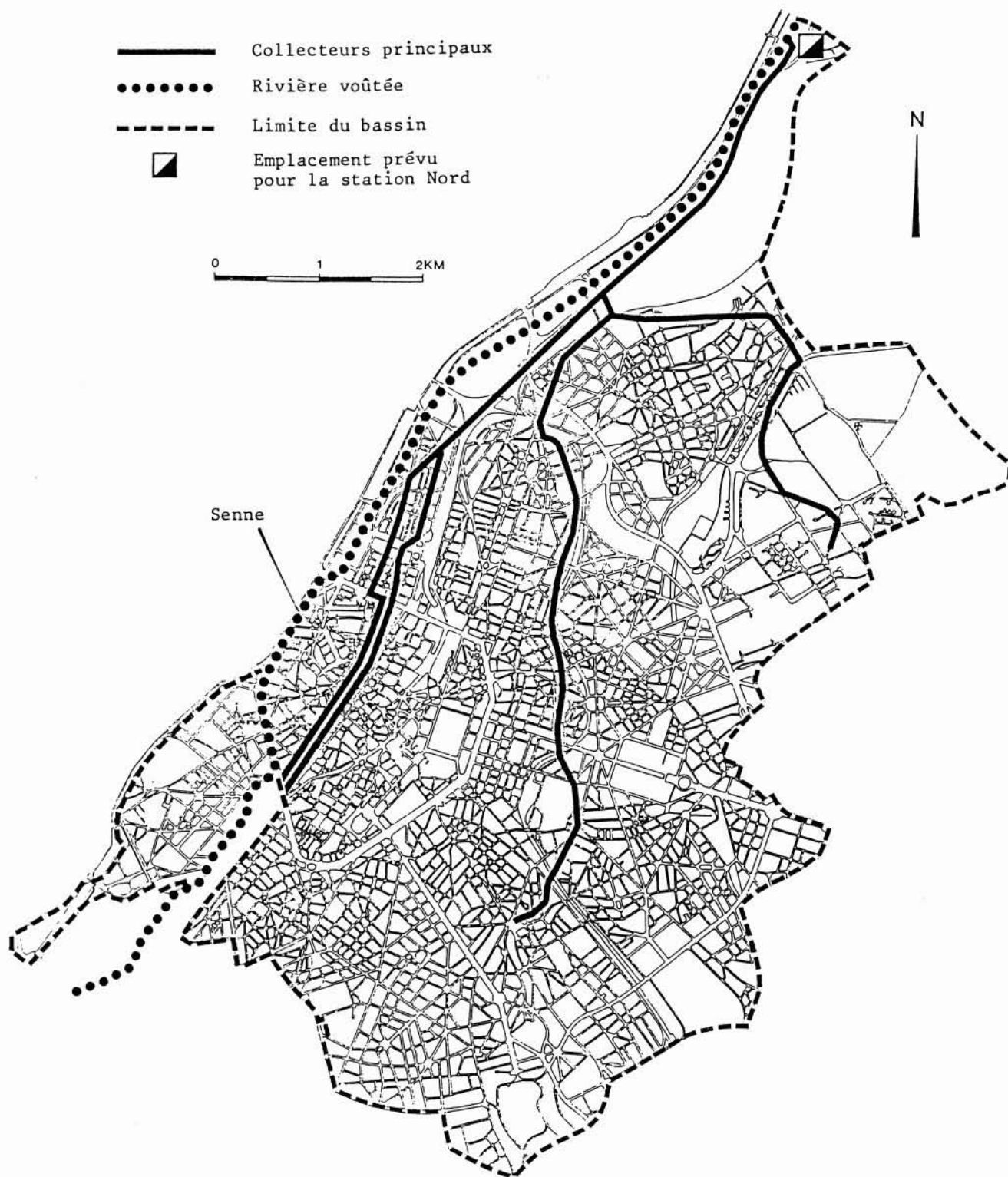


Figure 1 : Bassin.

station d'épuration, on considère classiquement que ce débit se répartit sur 18 h d'activités et non 24, ce qui nous mène, en choisissant la 3ème semaine de juin 1989, à :

$$Q_{sm}(18 - 24) = Q_{sm} \cdot 24h / 18h = 1.044 \text{ m}^3/\text{s}$$

avec un débit d'infiltration :

$$Q_{inf} = 0,543 \text{ m}^3/\text{s}$$

Si l'on part de l'hypothèse que, dans la situation idéale, on parvient à ne plus envoyer à la station les eaux parasites, il est logique de n'affecter d'un coefficient multiplicatif que les eaux spécifiquement de sewage. A cet égard, nous nous alignerons sur le critère de dimensionnement (de l'épuration) préconisé actuellement par l'ATV en République Fédérale d'Allemagne, pour calculer comme suit notre critère :

$$Q_{critère} = 1 \cdot Q_{inf} + 2 \cdot Q_{sm}(18-24) \quad (1)$$

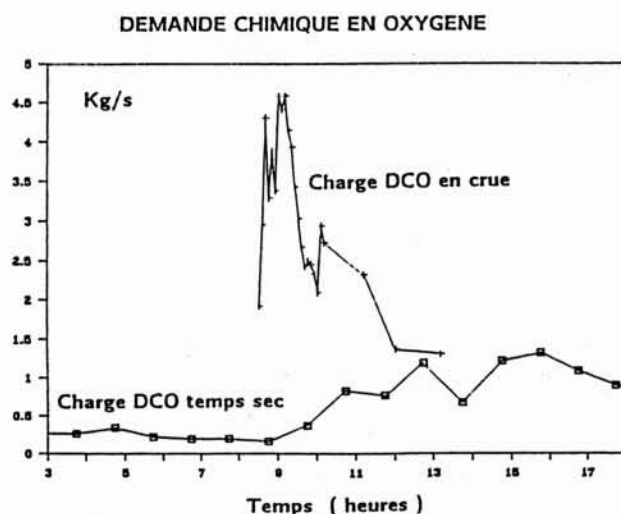
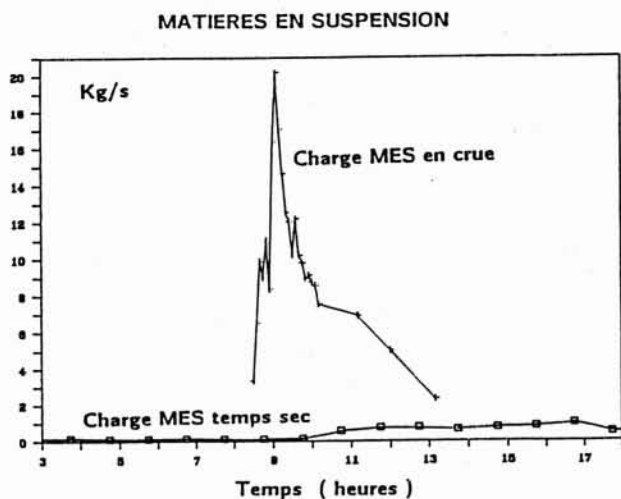


Figure 2 : Comparaison entre les flux de temps sec et les flux de crue à l'exutoire du réseau (crue du 14 mai 1985).

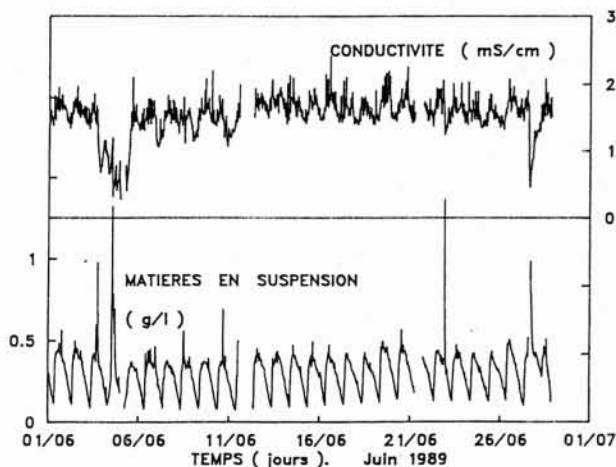


Figure 3 : Enregistrement mensuel des paramètres de pollution dans l'Emissaire de Bruxelles (une mesure par demi-heure).

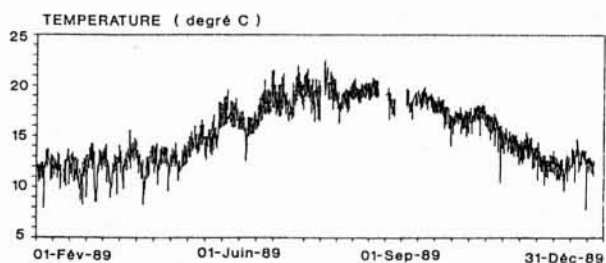
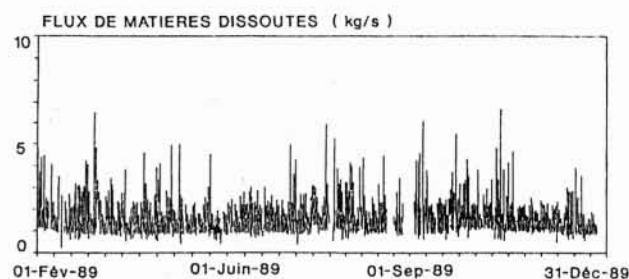
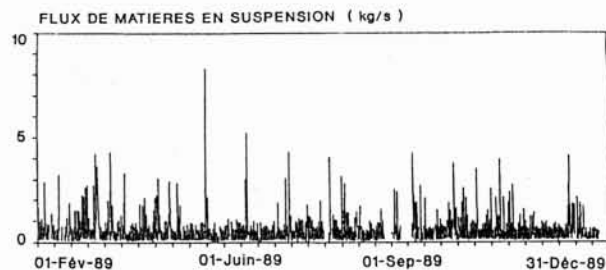


Figure 4 : Evolution des flux de pollution au cours de l'année 1989.

Sur base des valeurs numériques mentionnées plus haut, on trouve ainsi un critère de crue (arrondi) de $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$.

4.3 FREQUENCE DES DEVERSEMENTS

En dépouillant les enregistrements à Haren entre le 01/02 et le 31/12/89, on constate qu'il s'est présenté un total de 102 épisodes de crue : par 102 fois, le seuil fixé à $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$ (voir ci-dessus) a été dépassé. Pour la même période, le déversoir du Nouveau Maelbeek à la rue du Lion a fonctionné 45 fois (dans le sens Emissaire vers Senne, nous ne comptabiliserons pas ici les retours d'eau de Senne vers le réseau). Il s'agit dans les deux cas de fréquences de déversements très élevées, et *a fortiori* si l'on se souvient que l'année 1989 a été peu pluvieuse (le déficit de pluviométrie à Uccle est de 18 % par rapport à la normale).

A titre de comparaison, on rappellera qu'en Belgique et aux Pays-Bas, la bonne pratique recommande de ne pas dépasser une fréquence de déversement de 7 à 10 fois par an [Berlamont et Van Langenhove, 1981].

Il existe donc un très grand nombre de surverses annuelles de l'Emissaire, et ce malgré les dimensions très importantes des sections des conduites correspondantes, dont on aurait pourtant pu attendre une réduction de la fréquence de surverse par un effet de stockage en conduites. Nous avons là une illustration nette de l'influence prépondérante de la vallée du Maelbeek sur le comportement du bassin global de l'Emissaire. En effet, en dépit de la vaste surface qu'il draine, le collecteur du Maelbeek garde jusque dans ses derniers tronçons aval, des pentes

extrêmement importantes, au point qu'il a fallu ménager en de nombreux endroits des décrochements dans le profil en long, sous forme de chutes d'eau en gradins. Ceci confère aux sections du Maelbeek une vocation unique d'évacuation des eaux, à l'exclusion de toute possibilité de stockage en conduites (tel qu'il s'en produit déjà dans le réseau du Centre-Ville). On relèvera à ce sujet que des caractéristiques torrentielles aussi accusées pour un collecteur d'une telle importance revêtent même un caractère assez exceptionnel dans le domaine de l'assainissement urbain.

Poursuivant notre étude sur les fréquences de surverse, nous avons relevé (cf. ULB — Traitement des Eaux, 1990) les valeurs du débit dans l'Emissaire aval au moment où le déversoir du Nouveau Maelbeek commence à fonctionner. La moyenne de ces débits est de $4,1 \text{ m}^3/\text{s}$, avec un faible écart-type ($0,4 \text{ m}^3/\text{s}$). Si l'on reprend le formalisme utilisé dans la relation (1), on constate que cette valeur de $4,1 \text{ m}^3/\text{s}$ correspond en fait à un coefficient multiplicatif de 3.6 à appliquer à $Q\text{---sm}$ (18 - 24).

En d'autres termes, on peut décrire le comportement actuel, en situation de crue, du nœud Maelbeek — Emissaire de la façon suivante :

— à partir de $2 \cdot Q\text{---sm}$ (18 - 24) et jusqu'à $3,6 \cdot Q\text{---sm}$ (18-24), l'exutoire de Haren joue seul le rôle de déversoir d'orage du bassin Maelbeek-Emissaire ;

— au-delà de $3,6 \cdot Q\text{---sm}$ (18-24) (c'est-à-dire au-delà de $4,1 \text{ m}^3/\text{s}$), les deux déversoirs fonctionnent de manière concourante, avec d'ailleurs de beaucoup plus grosses capacités d'évacuation au niveau de la rue du Lion.

C'est de ce point de vue que nous avons abordé le bilan des charges polluantes présenté ci-après. D'autres déversoirs situés plus en amont sur l'Emissaire (évacuateurs du Midi, Rameurs, etc.) ont donc délibérément été négligés dans cette approche : un calcul préliminaire nous a montré qu'en tout état de cause, ils ne représentaient pas 5 % du volume annuel total déversé.

4.4. BILAN DE CHARGE POLLUANTE POUR L'ANNEE 1989

Le bilan a été réalisé sur base de la période s'étendant du 01/03

Tableau 1 : Episodes de crue à Haren.

	Volume (10^3 m^3)	MES (T)	Matières dissoutes (T)
<hr/>			
Du 01/3 au 31/12/89 (306 jours)			
Charge totale en 425 heures	6727	2597	4096
Charge de temps sec à retrancher	1950	615	2240
Charge nette de crue	4777	1982	1856
Bilan annuel (x 365/306)			
Charge totale de crue	8024	3098	4886
Charge de temps sec à retrancher	2326	734	2672
Charge nette de crue	5698	2364	2214

au 31/12/1989, soit 306 jours, puis extrapolé aux 365 jours de l'année. Sur ces 306 jours, le critère de crue à Haren a été dépassé pendant 425 heures au total (17,71 jours). Le déversoir du Nouveau Maelbeek a fonctionné pendant 228 heures (9,5 jours) dans le sens Emissaire — Senne.

Dans le cas de Haren, la charge totale écoulée pendant les 425 heures comprend à la fois une contribution de l'écoulement de temps sec et une charge nette de crue. Pour le calcul de la contribution de temps sec pendant les 425 heures où le débit a dépassé $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$, nous avons eu recours, pour chaque paramètre de pollution, à un facteur de conversion exprimé par unité de temps :

— matières en suspension : $0,402 \text{ kg/s}$
 — matières dissoutes : $1,464 \text{ kg/s}$
 — débit : $1,274 \text{ m}^3/\text{s}$.

Il s'agit donc de retrancher pour chaque paramètre un niveau de base de temps sec constant sur 24h : ceci se justifie par le fait qu'un nombre suffisant de jours de données est pris en compte, et qu'en première approche, la probabilité d'apparition d'une crue est uniformément répartie sur le cycle de 24 h. Les résultats des charges polluantes pour les 425 heures de crue à Haren sont présentés au tableau 1. En ramenant les charges calculées aux 365 jours de l'année, ceci permet de dresser la figure 5. Dans cette figure, si l'on prend comme référence la ventilation temps sec — crue nette pour les volumes, on constate les comportements tout à fait divergents des matières dissoutes par rapport aux matières en suspension. Dans le cas des matières dissoutes, la contribution du temps sec est prépondérante ; il y a clairement un effet de dilution au moment des crues. Pour les matières en suspension, c'est l'effet inverse, ainsi qu'on le verra plus loin.

Il convient à présent de déterminer la charge qui dans nos hypothèses ($Q < 2,5 \text{ m}^3/\text{s}$) serait traitée au niveau d'une station d'épuration à Haren. Le calcul, présenté au tableau 2, consiste simplement à déduire de la charge totale annuelle à Haren la charge nette de crue telle qu'elle a été établie au tableau 1.

Ceci nous permet de dresser au tableau 3 le bilan global des rejets du grand Emissaire de Bruxelles pour l'année 1989, en faisant la répartition entre Haren-temps sec, surverses à Haren et surverses d'amont au niveau du grand déversoir au droit du débouché du collecteur Nouveau Maelbeek. Les informations sont reprises dans le schéma de la figure 6. Cette figure exprime

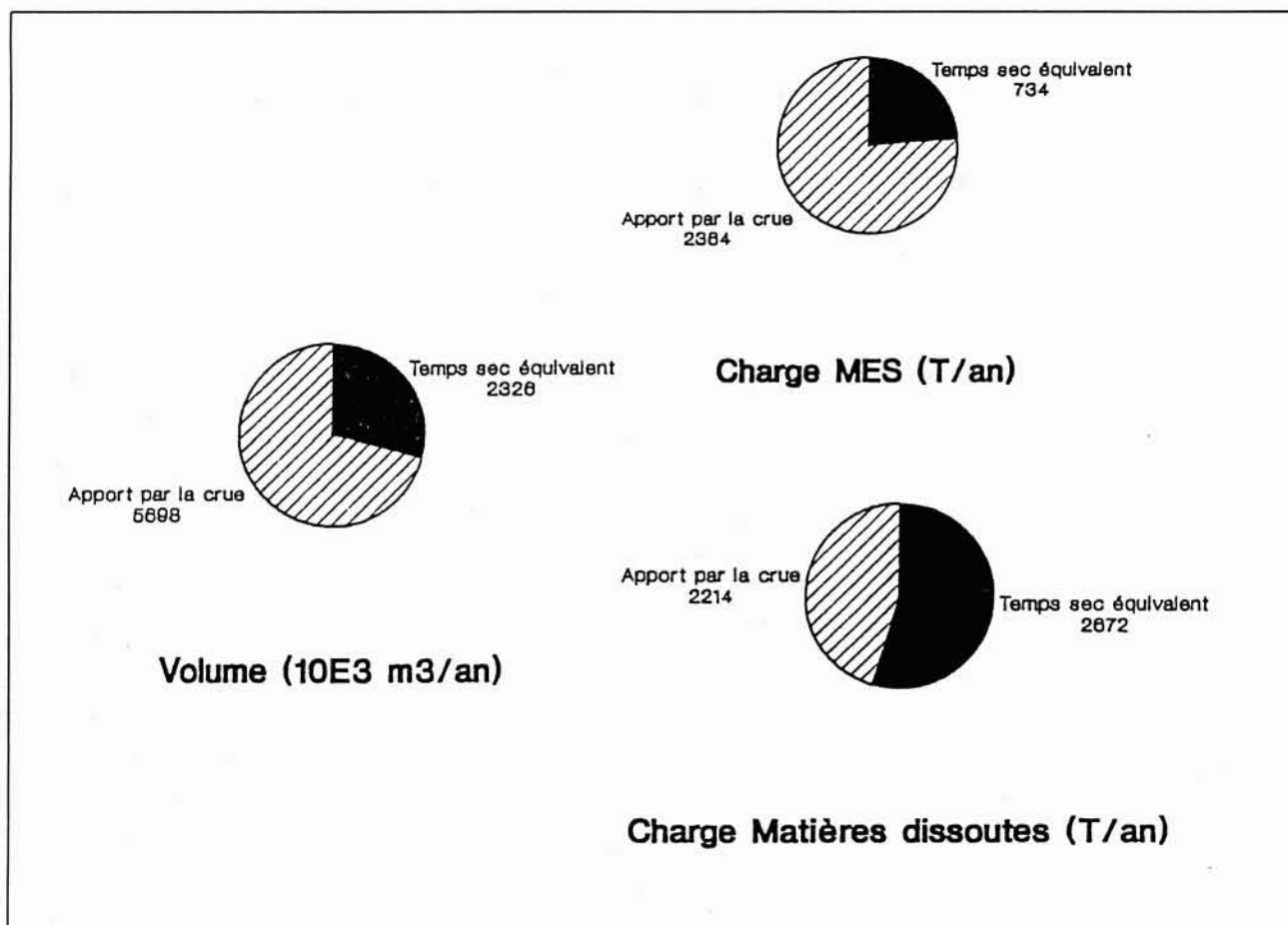


Figure 5 : Episodes de crue à Haren — Bilan annuel.

Tableau 2 : Episodes de temps sec ($Q < 0,5 \text{ m}^3/\text{s}$) à Haren.

	Volume (10^3 m^3)	MES (T)	Matières dissoutes (T)
Charge annuelle totale à Haren	48668	16171	45420
Charges nettes de crue	5698	2364	2214
Charges pour $Q < 2,5 \text{ m}^3/\text{s}$	42970	13807	43206

clairement l'ampleur du problème d'assainissement du bassin bruxellois, qui se marque au niveau de la charge particulière de crue. Non seulement il ne se produit pas d'effet de dilution pour les matières en suspension, mais les concentrations MES sont même globalement supérieures à celles de temps sec (ces concentrations moyennes annuelles sont calculées par le quotient charge/volume): 415 mg/l en surverse à Haren et 385 mg/l au déversoir du Maelbeek, alors que les écoulements de moins de $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$ n'ont qu'une concentration de 320 mg de MES/l à Haren. Ceci a pour conséquence, ainsi que l'illustre la figure 6, que dans nos hypothèses, pratiquement un quart de la charge annuelle MES (secteurs non-hachurés) échapperait à toute forme d'épuration.

Il faut se rappeler que c'est à cette phase particulière qu'est

associée une part importante de la matière organique, qui est le problème n° 1 de la pollution des eaux dans le bassin. Toute une série d'autres micropolluants, dont la présence est liée aux mécanismes de ruissellement pluvial sur les surfaces urbaines, sont également véhiculés sous forme principalement particulière : c'est le cas notamment des métaux lourds.

Si nous faisons l'hypothèse d'un rendement d'élimination de 90 % des MES au niveau des installations d'épuration, nous ramenons le bilan des MES déversées à la Senne aux valeurs présentées à la figure 7. On constate ainsi que même sur une base annuelle, les charges de surverse sont de loin supérieures à la charge résiduelle de l'effluent épuré, et que les 2/3 de ces surverses se produiraient, dans la configuration actuelle, sur le site de Haren. Les valeurs relevées témoignent donc d'un situa-

Tableau 3 : Charge polluante de l'Emissaire de Bruxelles en 1989.

	Volume ($10^3 \text{ m}^3/\text{an}$)	MES (T/an)	Matières dissoutes (T/an)
. Haren - épuration ($Q < 2.5 \text{ m}^3/\text{s}$)	42970	13807	43206
. Surverse à Haren ($Q > 2.5 \text{ m}^3/\text{s}$)	5698	2364	2214
. Déversoir du Nouveau Maelbeek (Q positifs, c'est-à- dire vers Senne)	3110	1196	1797

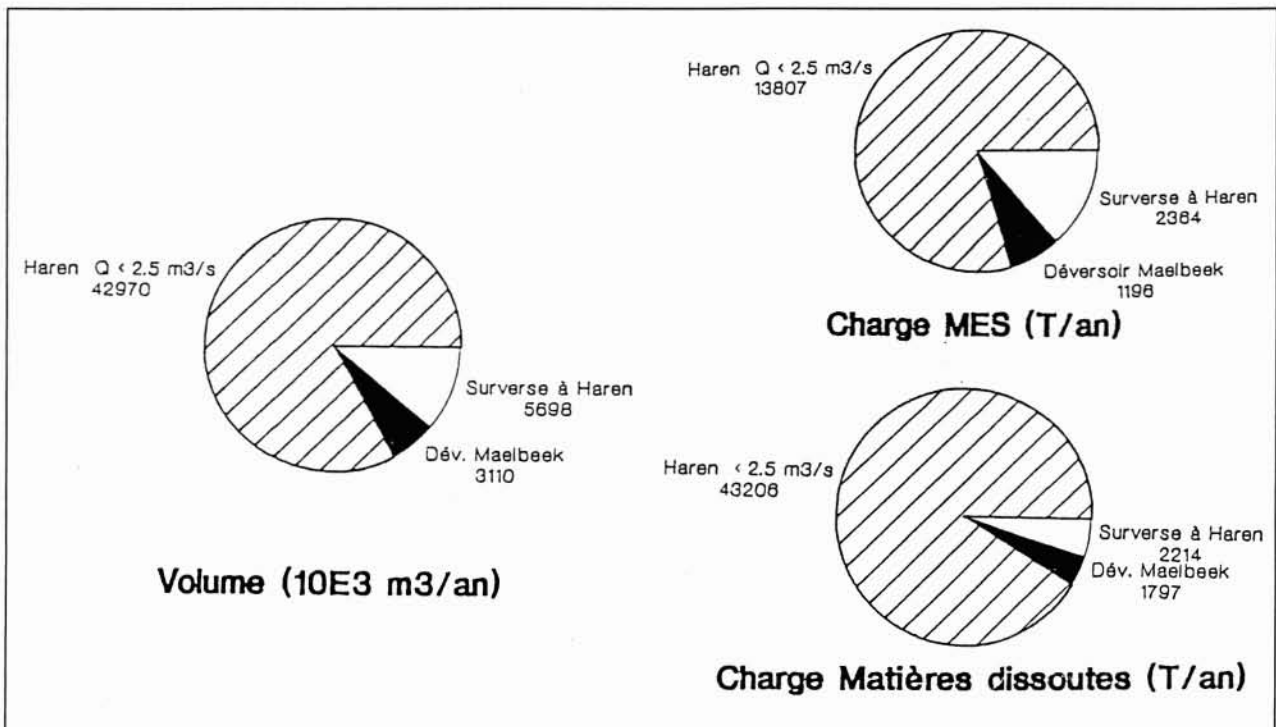


Figure 6 : Emissaire de Bruxelles — Charge polluante en 1989.

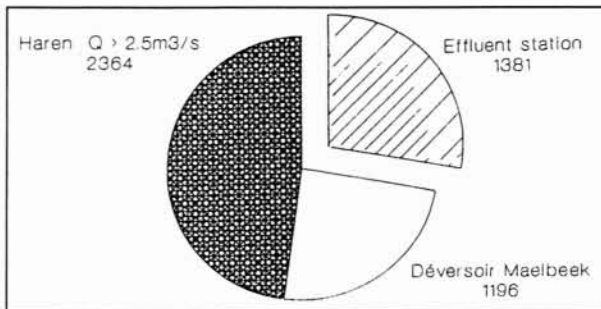


Figure 7 : Bilan MES pour l'année 1989.

tion très peu favorable quant à la rentabilité des investissements d'épuration. A noter que les valeurs obtenues pour le bilan calculé seraient encore plus préoccupantes si comme hypothèse de calcul on s'était fixé un rendement d'épuration supérieur à 90 %.

En revanche, le bilan serait vraisemblablement plus avantageux en prenant un plus grand débit de dimensionnement pour la station : il est clair qu'on s'est choisi ici une valeur faible ($2 \cdot Q - sm(18 - 24)$), afin de ramener au minimum les investissements nécessaires. Un examen récent de cette question [ULB — Traitement des Eaux, 1992] a montré toutefois que dans le cas d'un aussi grand bassin-versant, même les valeurs élevées de débit ne s'accompagnent pas de diminution significative des concentrations en solides : un sur-dimensionnement de la station (à 3, 4, 5 fois $Q - sm(18-24)$, voire davantage) ne présenterait dès lors qu'un gain marginal du point de vue de la qualité du milieu récepteur. Bien entendu, vu les enjeux économiques considérables de l'optimisation du dimensionnement, cette question devra faire l'objet d'un examen détaillé spécifique ; la technique idéale en l'occurrence consistera en une analyse de sensibilité du paramètre de dimensionnement sur la charge polluante globale rejetée.

Il faut rappeler en outre, ainsi qu'il a été montré au point 3, que sur une base instantanée, et non plus annuelle, les épisodes pluvieux s'accompagnent de pointes de charges consi-

dérables : la situation est donc encore bien plus critique en valeurs instantanées, sans commune mesure avec ce qui vient d'être évoqué. De plus, les pics de charge les plus marqués se produisent lors des orages d'été, c'est-à-dire au moment où la rivière réceptrice est en étiage et est la moins à même d'y faire face. Pour toutes ces raisons, il apparaît clairement à présent qu'il s'impose à Bruxelles d'optimiser la gestion des eaux de crue en inscrivant les objectifs d'ordre environnemental au même rang que les préoccupations traditionnelles d'évacuation purement hydraulique. La solution optimale pour le bassin étudié sera vraisemblablement de recourir à une gestion intégrée, dans laquelle seront reprises toutes les infrastructures constitutives du système, en ce compris les installations d'épuration.

5. DISCUSSION ET CONCLUSIONS

La gestion d'un réseau de collecte unitaire tel que celui du centre de Bruxelles se doit de rencontrer deux objectifs contradictoires : d'une part, envoyer vers les installations d'épuration le plus grand pourcentage possible de la charge polluante générée dans l'agglomération ; d'autre part, éviter les inondations en renvoyant le plus rapidement possible les eaux pluviales (mélangées aux eaux usées) vers le milieu récepteur. Jusqu'à présent, c'est ce deuxième objectif qui a quasi exclusivement servi de guide à la conception et à la gestion du réseau de collecte. La mise en place d'installations d'épuration exige de prendre aussi en considération le premier objectif, ce qui impose dès lors de modifier fondamentalement les critères de conception et de gestion des ouvrages.

Les solutions mises en œuvre traditionnellement pour tenter d'assurer un compromis entre les objectifs quantitatifs et qualitatifs se basent sur l'effet supposé de dilution des eaux usées par les eaux pluviales et sur le sur-dimensionnement des stations d'épuration. La pratique usuelle est ainsi de traiter un débit égal à 2, 3 ou 5 fois le débit maximum de temps sec et à envoyer sans traitement les débits excédentaires vers le milieu récepteur. Dans le cas du bassin étudié, une telle solution serait vraisemblablement coûteuse et inefficace, et ce pour deux raisons :

- premièrement, la superficie des terrains disponibles en région bruxelloise pour implanter une ou des stations d'épuration est très faible. Le sur-dimensionnement des stations conduirait donc à la mise en œuvre de solutions techniques extrêmement coûteuses ;

- deuxièmement, l'effet de dilution des eaux usées par les eaux pluviales est illusoire. Ainsi que l'a montré la surveillance permanente des caractéristiques physico-chimiques des écoulements, des charges polluantes considérables sont générées à Bruxelles au moment des crues : lavage des surfaces imperméables (toitures, chaussées, trottoirs, ...), érosion des sols, rinçage des puisards des avaloirs de rue, mais également remise en suspension de tous les dépôts accumulés dans les égouts publics et les collecteurs. A l'heure actuelle, l'essentiel de ces charges est renvoyé directement à la rivière Senne par l'intermédiaire des déversoirs d'orage. Sans modification importante des infrastructures et de leur gestion, ces charges continueraient à être déversées dans la rivière et échapperaient ainsi à toute forme d'épuration. Les résultats des campagnes expérimentales menées dans le cadre du présent projet ont pourtant montré quelle était l'importance des pollutions déversées, tant en ce qui concerne les crues individuelles (chocs de charge instantanée) que le long terme (bilan de charge sur une année complète).

Enfin, les résultats d'exploitation des sondes automatiques de mesure de la qualité développées dans notre laboratoire ont montré qu'on atteint une fiabilité très élevée, y compris sur le long terme (années), et ceci en maintenant à un niveau acceptable la fréquence des interventions sur le terrain pour la maintenance des appareils (de l'ordre d'un entretien par mois). En pratique, la fiabilité atteinte est d'un niveau comparable à celle

qui est obtenue en réseau d'assainissement pour des capteurs hydrauliques, dont l'exploitation en conditions industrielles est à présent tout à fait courante [Schilling et al., 1989]. Nous pensons dès lors que des sondes de mesure de pollution du type de celles développées pour Bruxelles peuvent être intégrées dans un schéma de gestion temps réel de réseau d'assainissement, dans la mesure où elles peuvent délivrer une information « on-line » sur le degré instantané de pollution des eaux. Il est important de signaler ici que, dans l'état actuel de la technologie des capteurs, une telle fiabilité ne peut être maintenue en égout que pour autant qu'on se cantonne à des paramètres de pollution relativement « rudimentaires » (Matières en Suspension, conductivité, autres à déterminer) de telle sorte que l'automatisation de la mesure reste pratiquement réalisable. L'expérience acquise dans le bassin-test bruxellois a indiqué à cet égard que, quoiqu'il ne s'agisse pas de paramètres de haute signification (tels DCO, nutriments, etc.), la description de la charge polluante à l'aide des paramètres rudimentaires choisis est suffisamment riche d'information pour sous-tendre la gestion qualitative des écoulements d'égout. Cette observation doit d'ailleurs être remise dans le contexte qui était connu auparavant et où, en l'absence de capteurs de pollution, la gestion ne peut s'appuyer que sur une connaissance de l'état instantané des conditions hydrauliques des écoulements et des degrés de remplissage dans les ouvrages.

REMERCIEMENTS

Les travaux auxquels il est fait référence ci-dessus font partie d'un projet visant à l'optimisation de la gestion des eaux de crue à Bruxelles-Nord, supporté par le ministre de la Politique de l'Eau pour la Région de Bruxelles-Capitale. Les auteurs tiennent également à remercier le Prof. W. BAUWENS (du Service d'Hydrologie de la Vrije Universiteit te Brussel) et ses collaborateurs qui ont fourni les données de débit de crue indispensables à la présente étude.

BIBLIOGRAPHIE

- BERLAMONT J., VAN LANGENHOVE G. (1981) — Diversion frequency in combined sewer systems. 2nd Int. Conf. on Urban Storm Drainage, Univ. of Illinois, Urbana, USA, pp. 295-303.
- PETERS J.J., VANSLAMBROUCK A., VANDERBORGHT J.P., VERBANCK M. (1988) — L'exploitation d'un réseau de télémesure à Bruxelles : première étape vers la gestion automatisée du réseau d'assainissement. In Nouvelles méthodes de gestion automatisée des réseaux d'assainissement, Colloque NAN.C.I.E., 16-17 mars 1988, Nancy., pp. 169-178.
- SCHILLING W. et al. (1989) — Real Time Control of Urban Drainage Systems. The State-of-the-Art, IAWPRC Scientific and Technical, Report N° 2, Pergamon Press, ISBN : 0-08-040145-7, London.
- ULB — Traitement des Eaux (1990) — Assainissement Bruxelles-Nord : étude et gestion d'un réseau expérimental de télésurveillance. Ministère de l'Eau pour la Région de Bruxelles-Capitale, Rapport final, juillet 1990, 187 pages.
- ULB — Traitement des Eaux (1992) — Réseau de surveillance des écoulements et des charges polluantes dans les collecteurs d'amenée à la future station d'épuration Bruxelles-Nord. Chapitre 4 : valorisation des résultats d'interprétation des polluto-graphes de crue. Ministère de l'Eau pour la Région de Bruxelles-Capitale, Rapport scientifique final, décembre 1992.
- VANDERBORGHT J.P., WOLLAST P. (1990) — Continuous monitoring of wastewater composition in sewers and stormwater overflows : Urban Storm Water Quality and Ecological Effects upon Receiving Waters. Wat. Sci. Tech. 22 (10/11), pp. 271-275.

VERBANCK M. (1992) — A new method for the identification of infiltration waters in sanitary flows. Proceedings of INTERURBA 1992, IAWPRC Workshop on the interactions between sewers, treatment plants and receiving waters in urban areas, Wageningen, 6-10 april 1992.

DISCUSSION

M Bernard CHOCAT (INSA de Lyon)

Je voudrais intervenir sur l'effet de premier flot qui, semble-t-il, provoque des polémiques. Je voudrais simplement rappeler un élément qui me paraît tout à fait déterminant : lorsque l'on parle de premier flot, ce n'est pas en terme de connaissance des phénomènes physiques, mais simplement dans la mesure où le premier flot peut conditionner des systèmes de traitement sur les rejets par temps de pluie. La question posée n'est donc pas de savoir si on observe parfois, jamais, quelquefois ou souvent des effets de premier flot. Il s'agit de savoir si ce phénomène est suffisamment fréquent et suffisamment prévisible pour qu'on puisse mettre en place un traitement sur un site sans mesures spécifiques préalables. Je crois que là est l'ambiguïté apparente dans les propos, et ce que l'on peut dire, c'est que dans l'état actuel de nos connaissances, on n'est pas capable de prévoir, en l'absence de mesures, les cas de figures dans lesquels cet effet de premier flot apparaîtra.

M Michel VERBANCK

Je crois qu'il y a effectivement un très grand danger dans la généralisation du phénomène du « first flush ». Pour répondre sur ce que je connais, à savoir le réseau de Bruxelles, on a adopté ce principe de gestion qualitative sur base du diagnostic reposant sur des mesures. On va ensuite orienter le traitement sur ce phénomène de pollution des eaux de premier flot. A Bruxelles en particulier, pour de petits bassins qui sont caractérisés pour des pentes relativement faibles avec des dépôts dans les réseaux notamment de matière très organiques, on peut s'inspirer des techniques de dimensionnement anglaises selon lesquelles un bassin d'orage est rempli avec les eaux de temps sec, initialement présentes dans le réseau, donc au moment du début de la pluie. Cette stratégie n'est manifestement pas applicable du tout au niveau des plus grands bassins.

M GIERSCH

Toujours pour parler du flot de rinçage, il me paraît tout aussi péremptoire de dire qu'il existe que de dire qu'il n'existe pas, sans l'associer à l'ordre de grandeur du bassin et à ses dimensions, en comparant le pluvial avec l'unitaire, etc.

Je crois que l'on ne peut pas dire que le flot de rinçage ou « first flush » n'existe pas. Moi, je l'ai rencontré. Je souhaiterais que les chercheurs s'expriment de façon plus discrète et plus mesurée, en relativisant un petit peu mieux.

M HERRMANN (s'adressant à M. Chebbo)

If I have understood you rightly, you said that most of the pollutants will be transported by suspended sediments. Now, I would appose this a bit. In cases like where the chemical environment and the pollutant cause a high desorption, you will not have adsorb on particules. For example, under winter conditions you have a high concentration of inorganic ligands which complex copper. Now, under winter conditions more than 50 % of the copper is transported in the dissolved phase. Whereas, under summer conditions, most of the copper will be adsorb under ion exchange processes on trace suspended sediments. Now one needs to look directly on the chemical environment and the physico-chemical properties of your pollutants when you say most of the substances are in the adsorbed phase.

M DESBORDES résume les problèmes soulevés par l'intervenant précédent :

On a précisé qu'il était peut-être hardi, comme dans le cas du « first flush », de prétendre que l'essentiel des polluants pouvait être associé à la fraction solide et qu'en particulier la partie dissoute, notamment pour les métaux, pouvait être très importante suivant les conditions du milieu. Je suppose qu'il s'agit de problèmes liés à des effets de synergie, acidification de milieu, etc. et en particulier que cette fraction qui était dissoute pouvait être variable suivant la saison en fonction des conditions du milieu et pouvait par moments, notamment pour certains métaux comme le cuivre, être plus importante dans la fraction soluble que dans la fraction solide.

M Gassan CHEBBO

Dans mon exposé introductif, que ce soit pour le « first flush », ou que ce soit pour la répartition de la pollution entre fraction dissoute et particulaire, j'ai présenté des résultats.

Pendant trois ans aussi bien en hiver qu'en été, des mesures ont été effectuées dans des réseaux unitaires et séparatifs ainsi que dans des surverses d'unitaire, ceci dans trois ou quatre villes françaises au sud et au nord. Donc, lorsque j'annonce un résultat, j'interprète les résultats que j'ai obtenus.

Pour le « first flush », vous m'accusez d'être un peu péremptoire, alors que j'ai présenté des résultats obtenus sur la campagne française, où l'on possède beaucoup de données sur de longues durées. En exploitant ces résultats pour quatre bassins versants expérimentaux, nous n'observons pas de « first flush ». GEIGER en Allemagne, qui a exploité des données sur des réseaux séparatifs et sur des réseaux unitaires sur de longues périodes de mesure, dit clairement qu'il a vu le first flush dans 25 % des cas pour les MES, et dans 15 % des cas pour les autres paramètres de pollution. J'aimerais que les gens qui disent avoir vu le first flush précisent le contexte de la mesure, les caractéristiques des sites et le nombre d'événements pluvieux qu'ils ont étudiés. Pour ma part, j'ai montré des résultats, j'ai précisé le contexte, j'aimerais que les autres précisent aussi.

M DESBORDES

Quoiqu'il en soit, il s'agit d'un thème qui a été longuement débattu à l'occasion de divers colloques et conférences sur ce sujet, et il n'est pas définitivement tranché. Une chose est certaine, c'est que les mécanismes du « first flush » doivent être examinés de façon plus précise, et comme le faisait remarquer Bernard CHOCAT tout à l'heure, dans l'ignorance l'abstention est préférable, c'est-à-dire qu'il convient de faire quelques campagnes préalables pour tenter au moins d'identifier, avant de mettre en œuvre des remèdes coûteux qui seraient sans effet.

M GOUSAILLES (S.I.A.A.P.)

L'existence ou la non-existence d'un « first flush » est une question intéressante sur laquelle on pourrait débattre longtemps. L'autre question, sur laquelle on peut s'interroger, pourrait être de savoir quelles sont nos ambitions en matière de traitement des flux d'orages, et jusqu'où l'on sait aller à défaut de savoir jusqu'où on doit aller. C'est peut-être la voie sur laquelle on pourrait réfléchir parallèlement, qui consiste à définir les limites maximales de pollution qu'il nous semblerait raisonnable de déverser à l'occasion de certains événements en fonction de la qualité du milieu naturel ou, de façon plus générale, en fonction du respect des réglementations internationales. Mais, cet aspect concernant la recherche d'un niveau de pollution acceptable permettrait aussi d'aborder la question des procédés à mettre en œuvre, et finalement de s'abstenir de trancher sur l'existence ou la non existence d'un first flush, qui occupe beaucoup d'énergie.

M DESBORDES

Je suis tout à fait d'accord. Mais ce premier thème concerne la caractérisation de la pollution du ruissellement pluvial et, à ce titre, il est tout à fait normal de s'interroger sur l'existence ou non d'un phénomène comme celui-ci. Le thème numéro trois traitera

plus particulièrement des impacts et problèmes de rejet et de contrôle, c'est probablement dans le cadre de ce thème qu'il conviendra de s'interroger, non pas dans celui-ci.

M X.

La donnée qu'il faudrait enregistrer est la durée qui sépare deux phénomènes pluviaux successifs. En faisant des comparaisons avec ce qui se passe dans les rivières elles-mêmes, on s'aperçoit que même des crues de faibles importance polluent beaucoup plus lorsqu'il y a eu une longue période de sécheresse qui a précédé. Il faudrait donc noter, non seulement l'importance de la crue, mais également la durée qui l'a séparée de la précédente.

M DESBORDES

C'est une variable qui est examinée depuis fort longtemps, qui s'appelle la durée de temps sec, non seulement dans la caractérisation, mais également dans les modèles de simulation. Cette variable apparaît assez fréquemment comme une variable déterminante, encore qu'il ne soit pas aussi simple de pouvoir isoler ses effets réels, compte tenu de la chronologie des précipitations, mais également des mécanismes d'accumulations de transfert qui sont quand même extrêmement complexes.

M RIPOCHE (Agence de l'eau Seine-Normandie)

Concernant l'étude sur Orléans, j'aimerais savoir si les mesures ont été établies dans le cadre d'un diagnostic classique, monté au niveau financier avec la commune, ou dans le cadre d'une recherche ; et d'autre part, quel a été le coût de ces opérations ?

M GRANGE

Il ne s'agissait pas d'une étude diagnostic. En fait, nous avions en charge une partie des études préliminaires ainsi que de réflexion générale sur l'élaboration d'un nouveau schéma d'assainissement de l'agglomération orléanaise. On ne faisait qu'une partie de ce travail qui consistait à caractériser les déversements en Loire par temps de pluie. Ce n'était certes pas le seul point mesuré, mais j'ai surtout parlé de celui-là parce qu'il est assez significatif au niveau de la méthodologie de mesure. Les deux autres points de mesure étaient localisés sur deux gros bassins versants de l'agglomération et étaient mesurés en même temps. Les mesures n'ont donc pas été réalisées dans un cadre diagnostic au sens classique du terme, car cela avait déjà été fait l'an passé, mais vraiment dans le cadre d'une réflexion, afin d'essayer d'élaborer, dans les principes, diverses solutions de traitements dans le cadre de la construction d'une future station d'épuration et d'un nouveau collecteur d'amenée. C'est pour cela qu'il est un peu difficile d'isoler le coût de l'opération qui était présentée ici. Mais enfin, le coût sur les deux sites est de l'ordre de 480.000 francs, pour quatre mois de mesures ; la division par deux est un peu difficile.

M René LAVARD (Agence de l'Eau Artois-Picardie)

J'adresse des remerciements aux conférenciers quant à leur modestie vis-à-vis des résultats à attendre des modèles. En effet, dans le cas particuliers d'Arras, il est à noter que les flux à traiter qu'envisagent de prendre Anjou-Recherche et l'Agence de l'Eau Artois-Picardis sont dans un rapport de 1 à 2 pour le dimensionnement des ouvrages d'épuration.

On ne peut donc parler de grande précision. Toutefois, les modèles, confortés par une expérimentation de terrain importante, permettent de réduire notablement l'incertitude par rapport au passé (les ouvrages mis en place ne permettent d'enlever qu'environ 1/10ème de la pollution de la pluie de référence).

En ce qui concerne le « first flush », je crois qu'en matière de précipitation, on a toujours, d'une part l'effet piston qui pousse les eaux usées devant, d'autre part le phénomène de dilution, et enfin l'effet de curage. Compte tenu de ces trois phéno-

mènes, qui ne se présentent d'ailleurs pas toujours en même temps, il est bien évident que suivant le type de précipitations, le type de réseau et la manière dont arrive l'orage sur le réseau, on trouvera des résultats tout à fait différents. En ce qui concerne notre agence où un certain nombre de mesures sur les stations d'épuration ont été réalisées, on a déjà vu les effets du first flush avec des stations d'épurations qui recevaient des quantités de pollution assez fabuleuses en début de parcours. Puis, suite à un effet de dilution et d'entraînement des boues, la pollution entrante dans la station était inférieure à la pollution sortante.

Dans le cas de la station de Clichy, compte tenu des impacts sur la Seine, est-ce que vous pensez qu'un traitement de type physique, donc par exemple un lamellaire, donnerait des résultats sur la survie du poisson, en cas d'événement pluvieux important ?

Mme C. PAFFONI

En ce qui concerne le traitement qui sera mis en place à Clichy, mais également sur d'autres stations d'épuration comme la station d'épuration d'Achères, des études sont actuellement en cours pour faire de la décantation-floculation sur décanteur lamellaire. Nous espérons des rendements sur la DBO de l'ordre de 60 %. Actuellement, compte tenu de la place disponible et des débits qui sont en jeu, il est difficile de faire autre chose. Sur la station d'épuration d'Achères par exemple, on prévoit une floculation-décantation sur 45 ou 50 m³/s. Et lorsque la station sera capable de nitrifier, ces effluents seront passés sur des biofiltres qui assureront un fini relativement fin sur la DBO5. Mais actuellement, sur le site de Clichy, on est surtout limité par la place, et j'ignore si même 60 % d'abattement sur la DBO5 seront suffisants pour maintenir les poissons en vie, mais cela limitera très certainement leur mortalité.