tement (conditionnement thermique), soit après un conditionnement chimique avec une pré — et/ou une post — stabilisation chimique.

8.1. CARACTERISTIQUES DES BOUES EXTRAITES DU PILOTE

- Concentration = 35 à 50 g/l,
- perte au feu (105-550 °C) = 50 à 60 % sur MES
(ceci comprend les matières organiques et l'eau d'hydratation des hydroxydes),
- taux d'hydroxydes de fer = 15 à 30 % sur MES.

8.2. POST-STOCKAGE DES BOUES

L'intérêt d'un épaississement aval ne se justifie pas beaucoup, sauf peut-être en cas de conditionnement thermique.

Un épaississement complémentaire peut être obtenu dans le stockeur. Des concentrations de 45 à 60 g/l peuvent être obtenues en 24 h.

8.3. DESHYDRATATION SUR FILTRE PRESSE APRES CONDITIONNEMENT CHIMIQUE

Selon le taux d'hydroxydes, un conditionnement à la chaux seule ou un conditionnement binaire sera réalisé.

Avec un chaulage de 20 à 30 % sur MES et de 3 à 4 % de FeCl_3 , les filtrabilités obtenues permettent un passage sans problème sur filtre presse.

Les cycles de filtration seront de 2 h 30 à 3 h.

Les siccités atteintes seront supérieures à 30 %.

8.4. DESHYDRATATION SUR FILTRE PRESSE APRES CONDITIONNEMENT THERMIQUE

Malgré le taux élevé d'hydroxydes, le conditionnement thermique reste tout à fait efficace avec la technologie habituelle.

Nos essais pilotes ont donné :

- paramètres de cuisson :
 - temps de montée en température = 45 min,
 - temps de maintien en température = 40 min,
 - température = 185 °C ;
- post-épaississement après cuisson :
 - charge = 1.000-1.300 kg MES/m²/j,
 - concentration = 120-150 g/l,
 - perte = 105-550 °C > 40 % ;
- filtre-presse : cycle de 2 à 3 h ;
- siccité : > 40 %

8.5. FILTRE A BANDE PRESSEUSE

Selon le taux d'hydroxydes, des siccités de 23 à 26 % peuvent être obtenues avec des charges massiques de 250 à 350 kg/m/h.

8.6. CENTRIFUGATION

Les centrifugeuses classiques donneront également 23 à 26 % de siccité, avec un débit massique de l'ordre de 550 à 750 kg MS/h pour une décanseuse de diamètre de bol de l'ordre de 400 mm.

BIBLIOGRAPHIE

GOUSAILLES, NICOL R. — Eaux pluviales : essais effectués sur le site de la station expérimentale de Colombes. Rapport S.I.A.A.P./CRITER/DEGREMONT.

DELPORTE C. — Traitement des surverses de réseaux unitaires : Neauphle-le-Château. Rapport DEGREMONT.

DEPOLLUTION DES EAUX PLUVIALES : UTILISATION DE LA DECANTATION LAMELLAIRE

S. DASTUGUE *, Monique VIGNOLES **, L. HERREMANS ***, P. VIDOU ****, C BERNARD *****

* Compagnie Générale des Eaux — 78, chemin des Sept Deniers — 31200 Toulouse

** I.N.P.T. — Place des Hauts Murats — 31000 Toulouse

*** Anjou-Recherche — 24 rue Saarinen — SILIC 248 — 94568 Rungis Cedex

**** Agence de l'Eau Adour-Garonne — 90, rue Férétra — 31400 Toulouse

***** SOGEA — 280, avenue Napoléon Bonaparte — BP. 320 — 92506 Rueil-Malmaison Cedex

RESUME

Le programme de recherche, lancé à partir de novembre 1987 par la ville de Toulouse en collaboration avec la Compagnie Générale des Eaux, a permis, dans un premier temps, de définir les caractéristiques physicochimiques et hydrodynamiques des eaux de ruissellement sur la ville. Au vu de ces résultats, une expérimentation utilisant la décantation lamellaire a permis de montrer la validité de ce système de dépollution des eaux et d'envisager le passage à une expérimentation d'échelle industrielle.

En novembre 1987, un programme de recherche sur la réinjection en nappe phréatique des eaux de ruissellement était officiellement lancé par la Ville de Toulouse avec la collaboration de partenaires scientifiques, publics et privés, dans le cadre du service de l'assainissement. La Compagnie Générale des Eaux, Centre Régional du Sud-Ouest qui gère actuellement ce service a poursuivi les activités de recherche qui s'y étaient développées avec la participation de l'Institut National Polytechnique de Toulouse, Anjou-Recherche et SOGEA.

La caractérisation physico-chimique des eaux de ruissellement (plus de trois cents échantillons analysés) [1], [2], [3] a montré que la pollution qu'elles transportent n'est plus négligeable, et l'objectif de réinjection en nappe a été abandonné du fait des risques de contamination qu'il implique. Le traitement de ces eaux est, par contre, devenu à l'ordre du jour. Les principaux facteurs polluants sont en fait contenus dans les matières en suspension (tableau 1). Un traitement de ces eaux implique donc leur élimination.

Deux solutions se présentaient :

- la filtration, abandonnée du fait du colmatage quasi-immédiat des divers milieux filtrants utilisés ;
- la décantation : ce procédé a été retenu à la suite d'une étude des caractéristiques physiques des MES.

Masse volumique = 3,1 g/cm³

Granulométrie ($\phi < 40 \mu\text{m}$) = 67 %

Vitesse de chute ($\phi < 53 \mu\text{m}$) = 76 % > 1 m/h

Tableau 1 : Principaux facteurs polluants contenus dans les matières en suspension.

	Soluble mg/l	Matières en suspension mg/l	Soluble %	Matières en suspension %
Silice (mg SiO ₂ /l)		550	0	100
Sulfates (mg S/l)	13,5	11	55	45
Phosphates (mg P/l)	0,6	8,3	7	93
Aluminium (mg Al/l)	0,3	71,5	1	99
Alcalins + alcalino-terreux (mg/l)	74	100	43	57
Métaux de transition (mg/l)	1,4	76,5	2	98
Azote (mg N/l)	4,5	7,3	38	62

Une installation pilote de séparation lamellaire, alimentée avec des eaux de ruissellement d'une surface autoroutière d'environ 300 m², a été installée sur le site de la station d'épuration de Toulouse. Les eaux qui transitaient dans le pilote ont été analysées à l'amont et à l'aval de ce dernier, et caractérisées en fonction de la période et de l'intensité de la précipitation.

1. PRESENTATION DU PILOTE

Il est implanté en bordure de la voie autoroutière : le captage est directement réalisé au niveau de la chaussée pour éviter de drainer des matériaux en provenance du talus, car la chaussée est en remblais par rapport au pilote.

Ses dimensions sont les suivantes :

- hauteur totale = 1,9 m,
- hauteur utile = 1 m,
- largeur = 0,6 m,
- surface au sol = 0,720 m²,
- volume utile = 0,920 m³,
- volume trémies = 0,147 m³.

Il est équipé d'un pack de seize lamelles inclinées à 60° et distantes de 5 cm. La configuration du lieu d'implantation a conduit à adopter pour le fond du décanteur une forme en double cône. Son débit nominal est de 6 m³/h. Le pilote a été équipé en amont et en aval de préleveurs automatiques et en aval d'un débitmètre permettant de connaître le débit traversier. Un pluviographe-enregistreur est également installé sur le site.

Les caractéristiques géométriques et hydrauliques précises figurent dans l'annexe 1.

2. METHODES ANALYTIQUES

2.1. FILTRATION ET CENTRIFUGATION

Afin de séparer les phases solide et soluble des échantillons prélevés, il a été nécessaire d'utiliser une centrifugeuse. Le liquide centrifugé est fractionné :

- 500 ml sont ramenés à pH2 avec de l'acide sulfurique concentré et placés à 4 °C pour déterminer la demande chimique en oxygène (DCO) et la teneur en azote Kjeldahl (NTK) ;
- 250 ml servent à la mesure du pH, de la conductivité et des teneurs métalliques.

2.2. METHODES D'ANALYSES

La mesure de la DCO et des mesures en NTK et des métaux a été effectuée suivant les normes AFNOR :

- DCO = 90-101,
- NTK = 90-110,
- métaux = 90-112.

3. RESULTATS ET DISCUSSION

Après une période d'essais préliminaires, neuf pluies significatives ont été captées durant la phase finale de test.

Les principaux résultats obtenus sont les suivants :

— à faible débit, les rendements sont inférieurs aux rendements obtenus avec des débits élevés. Cependant, malgré les très moyennes performances pour ces faibles débits, le fonctionnement du pilote d'étude est globalement satisfaisant et permet de penser que la technique de séparation lamellaire est tout à fait utilisable et adaptable au problème des eaux pluviales (cf. tableau 2).

Dans certains cas, une augmentation sensible des concentrations mesurées à l'aval par rapport aux concentrations mesurées à l'amont, peut être notée. Elle est probablement due à des pertes de boues engendrées par une modification du régime hydraulique du séparateur ;

— les hydrocarbures se lient facilement aux matières en suspension [3] et ce phénomène s'amplifie lors du passage des eaux de ruissellement dans le séparateur. La fraction d'hydrocarbures en émulsion dans la phase liquide varie avec la saison : elle diminue lorsque la température extérieure augmente ;

— la conductivité obtenue dans les échantillons prélevés à l'amont du séparateur varie de façon sensiblement linéaire avec la DCO. Cette linéarité n'est plus visible à l'aval du décanteur, du fait principalement de la séparation qui s'effectue dans ce dernier (figures 1 et 2) ;

— on peut noter, par ailleurs, que DCO et hydrocarbures sont sensiblement proportionnels. Les points représentatifs sont plus groupés à l'aval du pilote et montrent les limites de la technique de séparation vis-à-vis du paramètre hydrocarbures, cette technique n'ayant pas ou peu d'incidence sur les hydrocarbures en émulsion ;

— le fond du décanteur, en double cône, qui résultait au départ de la configuration du lieu d'implantation, a permis d'obtenir une classification des matériaux décantés.

Tableau 2 : Résultats des neuf pluies significatives captées durant la phase finale du test.

Séries	MES Flux	DCO Flux	NTK Flux
25	79 %	50 %	84 %
26	67 %	26 %	0 %
27	50 %	54 %	66 %
28	51 %	29 %	6 %
29	86 %		
30	51 %		
31	73 %		
32	53 %	52 %	47 %
33	32 %	27 %	14 %

Figure 1 : Conductivité en fonction de la DCO à l'amont du pilote.

CONCLUSION

La technique de séparation lamellaire des matières en suspension, testée ici, présente des aptitudes tout à fait favorables à la dépollution des eaux pluviales. Le séparateur pilote de Toulouse a, en effet, montré sa bonne efficacité face à des variations de charges hydrauliques importantes, variations qui constituaient a priori un handicap. La séparation lamellaire, qui est favorisée par une surface de contact spécifique importante, implique un écartement de lamelles le plus faible possible de manière à pouvoir mettre en place le plus grand nombre de lamelles : les tests réalisés avec un écartement de cinq centi-

mètres ont montré que cet écartement était le meilleur compromis entre une non-obstruction du système et une surface spécifique maximale.

L'efficacité instantanée (lissage entre flux amont et aval) montre que le séparateur a un temps de réponse immédiat. S'il a été constaté que la salissure des lamelles favorisait la séparation, il est apparu, par contre, que lorsque les matières décantées atteignaient un certain niveau, elles pouvaient être remises en suspension. Cette efficacité résulte des caractéristiques hydrodynamiques très particulières des matières contenues dans les eaux de ruissellement (forte densité, vitesse de chute importante) [4].

Figure 2 : Conductivité en fonction de la DCO à l'aval du pilote.

Figure 3 : DCO en fonction de la teneur en hydrocarbures à l'amont du pilote.

BIBLIOGRAPHIE

[1] DASTUGUE S., HEUGHEBAERT J.C., VIGNOLES M., VIGNOLES C. — Heavy metals in Toulouse urban storm runoff and impact on the environment. Proceedings of 5th International Conference on Urban Storm Drainage, Osaka, 1990, pp.449-455.

[2] VIGNOLES M., HERREMANS L. — Pollution soluble contenue dans les eaux de ruissellement de la ville de Toulouse.

Techniques et Sciences Municipales, juillet-août 1992, pp. 387-391.

[3] DASTUGUE S., VIGNOLES M., HERREMANS L., ZOBRIST C., BERNARD C. — Treatment of stormwater : use of lamellar decantation. Conference on Urban Storm Drainage, Niagara Falls, 12-17 september 1993.

[4] BACHOC A. — Le transfert des solides dans les réseaux d'assainissement unitaires. Thèse de doctorat de l'Institut National Polytechnique de Toulouse, novembre 1992.

DECANTATION LAMELLAIRE

Figure 4 : DCO en fonction de la teneur en hydrocarbures à l'aval du pilote.

ANNEXE 1

CARACTERISTIQUES DU PILOTE

Dimensions :

- Hauteur totale = 1,900 m
- Hauteur utile = 1,000 m
- Largeur = 0,600 m
- Surface au sol = 0,720 m²
- Volume utile = 0,920 m³
- Volume trémies = 0,147 m³

Équipement lamellaire :

- Nombre maxi de plaques = 16

- Dimensions des plaques = 0,56 m (hauteur) x 0,56 m (largeur)
- Type de plaque = GRECA 70/18
- Inclinaison = 60°
- Écartement minimal = 5 cm
- Surface de clarification = 2,509 m²
- Surface apparente = 0,8 x 0,56 = 0,448 m²

Autres équipements :

- Face avant en plexiglas
- Vannes d'extraction des matières décantées
- Vannes d'échantillonnage amont/aval
- Vannes latérales

DISCUSSION

M VALIRON

Je voudrais poser une question à Mr NICOL de Degrémont, au sujet de son exposé sur le Densadeg et l'utilisation de cet outil en ce qui concerne les eaux pluviales. Il existe, je crois, un temps de latence de l'ordre de 15 min dans le fonctionnement du Densadeg dû à l'introduction de réactifs (floculants) qui facilitent son fonctionnement. Or, les flux de polluants arrivant relativement brutalement, comment peut-on, de façon pratique, faire fonctionner les ouvrages autrement qu'en laboratoire ? Ne faut-il pas disposer d'un ouvrage tampon à l'amont du Densadeg ?

M NICOL

Effectivement, le démarrage du Densadeg au début d'un événement pluvieux sera fonction de l'importance du réseau. Pour des réseaux longs, on est susceptible d'être averti suffisamment à l'avance par des moyens de contrôle que l'on peut disposer le long du réseau. On pourra alors démarrer le Densadeg avant que le maximum de flux n'arrive. Pour des réseaux plus courts, on peut envisager deux solutions, selon l'intensité de l'épisode pluvieux. On peut imaginer un démarrage progressif qui ne posera pas de problème dans la mesure où on peut effectuer un surdosage de réactif au début du fonctionnement ; on revient ensuite au dosage normal après équilibrage du système normal. On peut également envisager, lors d'un épisode pluvieux violent, l'utilisation d'un bassin de stockage permettant de démarrer tranquillement le réacteur et de reprendre ensuite le débit.

M VERBANCK (Université de Bruxelles)

Mme VIGNOLES, vos résultats sur les eaux d'entrée indiquent une forte corrélation entre les conductivités mesurées et la demande chimique en oxygène, ce qui paraît a priori assez étonnant. Les DCO mentionnées sont-elles bien des DCO totales et, dans l'affirmative, quelle est votre interprétation de ce haut degré de corrélation ? Et en particulier, dispose-t-on de l'information sur les fractions dissoutes et particulières de la demande chimique en oxygène ?

Mme VIGNOLES

Il s'agit bien des DCO totales. Ce sont des résultats expérimentaux. De toute façon, on mène systématiquement en parallèle DCO soluble et DCO totale. Nous nous sommes intéressés à la DCO totale, puisque la pollution organique est surtout liée aux matières en suspension.

M GOUSAILLES

J'aurais une question à poser au représentant de la société Degrémont. J'ai vu dans vos transparents des vitesses au miroir, correspondant au débit divisé par la surface de décantation, de l'ordre de 50 m/h. Je voudrais connaître la place au sol d'un tel système, que j'appellerais de décantation lamellaire floculée, afin d'avoir un point de comparaison avec des systèmes plus rustiques.

M HERREMANS

En tenant compte des ouvrages annexes autour du décanteur lamellaire, l'ordre de grandeur du rapport entre un décanteur statique et un décanteur lamellaire est de 6 à 7.

M Jean-Claude BOURDELOT

Je crois que, par rapport aux vitesses au miroir de 50 m/h qui ont été données, il faut à peu près diviser par trois pour obtenir l'emprise au sol totale intégrant donc, le décanteur lui-même et les bâches de floculation et coagulation en amont.

COMMUNICATIONS

EVALUATION DE L'ABATTEMENT DES FLUX DE POLLUTION TRANSITANT DANS UN TYPE DE SOLUTION COMPENSATOIRE : « LES CHAUSSEES-RESERVOIRS »

J.D. BALADES *, P. BOURGOGNE **, H. MADIEC *** , C. TENIERE ****

* C.E.T.E. du Sud-Ouest — 472, avenue du Maréchal De-Lattre-de-Tassigny — 33200 Bordeaux

** C.U.B. — Esplanade Charles De Gaulle — 33076 Bordeaux Cedex

*** Lyonnaise des Eaux-Dumez — 91, rue Paulin — 33029 Bordeaux Cedex

**** Faculté de Sciences / MST — Avenue de l'Université — 64000 Pau

RESUME

Les chaussées à structure réservoir, conçues initialement avec un objectif hydraulique, ont montré depuis qu'elles pouvaient avoir un rôle très important sur la qualité des eaux. Les deux expérimentations réalisées dans la région bordelaise s'intéressent essentiellement à cet aspect. Dans le premier cas, le bilan aux exutoires de deux surfaces équivalentes montre une atténuation de la pollution pouvant atteindre plus de 90 % pour le Pb. Dans le second cas, il s'agit du suivi de profils verticaux dans une structure complexe. Une grande partie de la pollution est « piégée » en partie supérieure de chaussée. L'horizon fin le plus proche, dans ce cas un sable 0/2 mm, permet d'obtenir des concentrations inférieures aux limites fixées aux eaux brutes destinées à la production d'eau livrée à la consommation humaine. Ces résultats encourageants méritent d'être confirmés.

1. INTRODUCTION

L'urbanisation croissante des terrains conduit à une imperméabilisation importante des sites. Par temps de pluie, les rejets sont susceptibles d'entraîner une modification considérable des conditions hydrobiologiques des milieux récepteurs.

Afin de limiter la taille des collecteurs, des ouvrages de retenue et des éventuels ouvrages de traitement, la solution qui s'impose consiste à limiter les débits rejetés au réseau par les surfaces imperméabilisées.

Pour désigner les techniques conduisant à compenser l'imperméabilisation des surfaces, on parle souvent de techniques alternatives.