

# CARACTÉRISATION CHIMIQUE, BIOLOGIQUE ET ÉCOTOXICOLOGIQUE DES EFFLUENTS HOSPITALIERS

Emmanuel Evens\* et Jean-Marie Blanchard\*\*, Gérard Keck\*\*\*, Yves Perrodin\*\*\*\*

\*Université Quisqueya, Laboratoire de Qualité de l'eau et de l'environnement, \*\*Institut national des sciences appliquées de Lyon

\*\*\*École nationale vétérinaire de Lyon, \*\*\*\*École nationale des travaux publics de l'État

Cette présente étude se propose de réaliser la caractérisation biologique, physico-chimique et écotoxicologique des effluents hospitaliers avant leur rejet dans le réseau d'assainissement communal. Une campagne de prélèvements a été réalisée sur les effluents du service des maladies infectieuses et tropicales d'un hôpital français. Une concentration en flore bactérienne de  $2,4 \times 10^3/100$  mL, inférieure à celle de  $10^8/100$  mL généralement présente dans les rejets liquides communaux, a été décomptée pour les effluents hospitaliers. Un rapport DBO5/DCO moyen de 0,43 est déterminé pour ces effluents. Les tests de toxicité Microtox et Daphnie montrent que les effluents hospitaliers ont une toxicité élevée. L'étude propose le traitement en amont des eaux usées hospitalières avant leur rejet dans le réseau d'assainissement urbain.

This present study proposes to realize the biological, physico-chemical and ecotoxicological characterization of the hospital wastewater before their discharge in the municipal sewage system. Wastewater from the infectious diseases service of a french hospital have been collected and tested. A concentration of bacterian flora of  $2,4 \times 10^3/100$  mL lower than that of the  $10^8/100$  mL generally present in the municipal sewage system was deducted for the hospital wastewater. An average report BOD5 / COD of 0,43 was determined for these effluents. The tests of toxicity MICROTOX and Daphnie show that the hospital wastewater have a high toxicity. Polluting substances of hospitable origin were identified in the effluents of the STEP. This study suggest the treatment upstream of hospital wastewater before their discharge in the municipal sewage system.

## INTRODUCTION

Les hôpitaux sont de grands consommateurs d'eau potable. En France, on estime à 750 litres par lit et par jour les besoins moyens en eau d'un centre hospitalier universitaire<sup>[1]</sup>. Cette importante consommation en eau des hôpitaux donne naissance à de grands volumes de rejets liquides chargés de micro-organismes (dont certains sont multirésistants aux antibiotiques), de métaux lourds (en particulier le mercure et l'argent) et de produits chimiques toxiques (résidus médicamenteux, réactifs antiseptiques, détergents, révélateurs et fixateurs de radio-

graphies...), parfois radioactifs.

Les travaux réalisés sur la microbiologie des effluents hospitaliers mettent en évidence de façon systématique la présence de germes ayant acquis des caractères de résistance aux antibiotiques<sup>[2]</sup>. Une flore bactérienne totale constante de  $3 \times 10^5/100$  mL est trouvée pour ces rejets<sup>[2, 4, 3]</sup>. Les eaux usées hospitalières révèlent de façon systématique la présence de molécules chlorées en concentrations élevées et de façon ponctuelle la présence de métaux lourds tels que le mercure et l'argent<sup>[2]</sup>. Des concentrations importantes en DCO (1 900 mg/L) et en DBO5 (700 mg/L) ont été mesurées dans ces effluents<sup>[5]</sup>. Des concentrations en AOX supérieures à 10 mg/L ont été prouvées dans les effluents des services d'hospitalisation d'un CHU<sup>[6]</sup>. Les tests de toxicité Microtox et Daphnie montrent que les effluents hospitaliers ont une toxicité élevée. Une toxicité moyenne de 6.75 équitox/m<sup>3</sup> et par jour a été trouvée pour un CHU français<sup>[5]</sup>. La mise en œuvre des tests de mutation génique Ames et Hamster indique que les effluents des services cliniques et des laboratoires hospitaliers présentent un caractère de mutation génique<sup>[7]</sup>.

Les différents éléments constituant la charge organique et inorganique des eaux usées hospitalières conduisent à poser les questions de savoir :

– Faut-il raccorder les effluents hospitaliers au réseau d'assainissement communal ?

– Les stations d'épuration (Step) ont-elles la capacité de dégrader tous les composés chimiques et de maîtriser tous les agents pathogènes contenus dans les rejets liquides des établissements de santé ? L'objectif de la présente étude est de réaliser la caractérisation biologique, physico-chimique et écotoxicologique d'un effluent hospitalier avant rejet dans le réseau d'assainissement communal.

## MATÉRIELS ET MÉTHODES

Les effluents du service de maladies infectieuses et tropicales d'un hôpital du sud-est de la France ont été collectés pour la détermination des différents paramètres physico-chimiques, microbiologiques et écotoxicologiques. Une campagne de prélèvements allant du 22 février au 22 mars 2001 (début de la saison pluvieuse) a été réalisée sur les effluents de ce service de 144 lits. Les échantillons sont prélevés dans un regard pro-

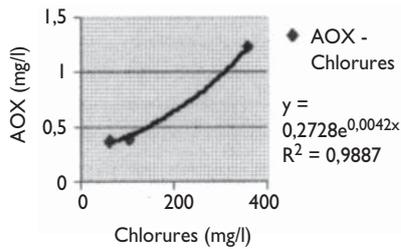


Figure 1 : Corrélation « Chlorures – AOX »

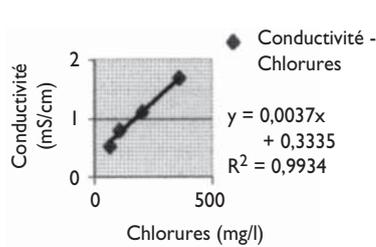


Figure 2 : Corrélation « Chlorures – Conductivité »

fond de 4 m environ. Un prélèvement manuel instantané a été effectué pour la collecte des échantillons. Les prélèvements sont effectués dans des flacons parfaitement propres en verre. Les récipients sont rincés au moment de l'emploi avec l'eau à examiner, et sont remplis complètement. Les récipients, contenant les échantillons de rejets liquides, sont soigneusement étiquetés et conservés à 4 °C. Ils sont transportés jusqu'au Laepsi dans un laps de temps ne dépassant pas 3 heures. Tous les échantillons sont filtrés au travers d'un tamis à mailles de 5 mm<sup>[8]</sup>. Les normes européennes et françaises ont été appliquées dans la détermination des différents paramètres à l'exception de la DCO où le protocole Hach a été utilisé.

### RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

Les différents tests de débit réalisés sur le collecteur du service des maladies infectieuses et tropicales ont donné les résultats suivants : un débit moyen de 0,96L/s avec un minima de 0,46 et un maxima de 1.47L/s. Le service des maladies infectieuses et tropicales génère une production d'eaux usées de l'ordre de 576 à 882 L/lit/jour. À partir de cette production de rejets liquides, on estime sa consommation en eau potable entre 662 et 980 L/lit/jour. Le tableau 1 donne les résultats de la caractérisation physico-chimiques.

Le pH indique que les effluents ont un caractère légèrement alcalin. Le seul pH acide enregistré est de 6,26. La conductivité permet d'apprécier le degré de minéralisation des effluents hospitaliers. Ces rejets ont en moyenne un degré de minéralisation assez important. Aucune trace de Ag<sup>+</sup> n'a été retrouvée dans les échantillons. Il en est de même pour le mercure (les valeurs mesurées sont inférieures à 0.5 µg/L). Une concentra-

tion moyenne de 0.67 mg/L est trouvé pour les AOX.

La valeur maximale obtenue pour les AOX est supérieure à celle obtenue par Gartiser<sup>[7]</sup> pour des hôpitaux allemands. Les AOX dans les effluents du service des maladies infectieuses ont été corrélés avec les chlorures. Le coefficient de corrélation entre ces deux variables est de 98,87 %. Un coefficient de corrélation de 99,34 % est obtenu entre les chlorures et la conductivité.

La valeur moyenne du rapport DBO5/DCO (soit 0,43) traduit la faible biodégradabilité des substances contenues dans ces effluents.

Pour la caractérisation bactériologique, des échantillons prélevés ponctuellement à la même heure sur une période d'une semaine ont été utilisés pour la détermination des coliformes thermotolérants et les entérocoques (Streptocoques fécaux). Un nombre plus probable (NPP) inférieur à 3 colonies pour 100 mL est trouvé pour ces différents échantillons à l'exception d'un seul où un NPP de 2 400 colonies a été décompté pour les coliformes fécaux et un NPP de 1 500 pour les entérocoques fécaux. Ces résultats permettent d'avancer :

- le prélèvement ponctuel n'est pas une bonne méthode pour étudier la pollution bactérienne et/ou fécale des eaux usées hospitalières ;
- la désinfection régulière du milieu hospitalier permet, à une exception près, d'enregistrer des taux limités de coliformes et de streptocoques fécaux.

La littérature fournit des données sur la caractérisation analytique des effluents classiques urbains. Dépendant de la concentration des polluants, les rejets liquides municipaux sont classées en forts, moyens et faibles<sup>[9]</sup>. Sur la base de ces informations les concentrations moyennes obtenues pour les effluents hospitaliers sont mises en comparaison avec les valeurs moyennes des rejets municipaux. Cette comparaison permet d'apprécier la forte teneur en polluants des effluents hospitaliers (tableau 2). Elle illustre la charge en polluants que les effluents hospitaliers peuvent apporter au réseau d'assainissement urbain et l'impact éventuel de cette charge sur les mécanismes épuratoires de la Step.

Les résultats obtenus pour le Microtox et la Daphnie sont présentés dans le tableau 3.

À priori ces valeurs indiquent la présence de substances toxiques dans les effluents hospitaliers. Il paraît difficile de prouver très exactement le poids de toutes les substances présentes dans cette toxicité. Toutefois, il semble que la filtration peut rédui-

Tableau 2 : Comparaison des concentrations en polluants des effluents hospitaliers (EH) et effluents classiques urbains (ECU)

Polluants	Concentra-tions ECU	Concentra-tions EH
MEST (mg/L)	300	225
DBO5 (mg/L)	220	603
COT (mg/L)	160	211
DCO (mg/L)	500	855
Phosphore total (mg/L)	8	8,80
Chlorures (mg/L)	50	188

Tableau 1 : Les valeurs obtenues pour les paramètres physico-chimiques

Paramètres	Unités	Moyenne	Minima	Maxima
Température	°C	12	10	13
Conductivité	mS/cm	1	0,524	1,669
pH	-	7,85	6,26	8,52
Chlorures	mg/L	188	63,4	359,45
Phosphore total	mg/L	8,80	3,8	11,35
MEST	mg/L	225	155,16	297,6
AOX	mg/L	0,67	0,38	1,24
DBO5	mg/L	603	251	1 559
DCO	mg/L	1 223	604	2 590
COT	mg/L	211	160	350
Rapport DBO5/DCO	-	0,43	0,31	0,60

Tableau 3 : Résultats des essais écotoxicologiques

Paramètres	Unités	Moyenne	Minima	Maxima
Microtox	Equitox/m <sup>3</sup>	30,35	24,07	40,51
Daphnie	Equitox/m <sup>3</sup>	46,26	9,8	116,7

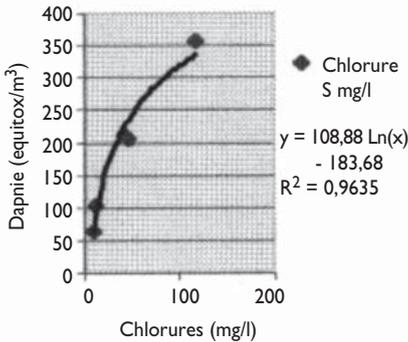


Figure 3 : Corrélation « Daphnie - Chlorures »

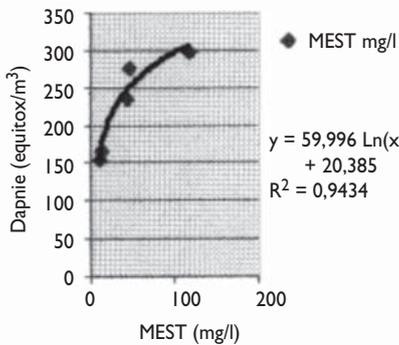


Figure 4 : Corrélation « Daphnie - MEST »

pour la toxicité aiguë sur les Daphnies et les résultats trouvés pour les chlorures, et les MEST. Toutefois, il ne faut surtout pas en conclure que la toxicité aiguë des effluents sur la Daphnie est due à ces polluants. Comme le montre les données bibliographiques<sup>[10]</sup> la toxicité des chlorures vis-à-vis de la Daphnie commence à partir d'une concentration de 600 mg/L et vis-à-vis du Microtox à partir de 20 000 mg/L.

Compte tenu de cette remarque la toxicité constatée dans les effluents caractérisés est attribuée à d'autres molécules toxiques présentes dans les rejets et qui n'ont pas été dosées. En conclusion, on peut avancer l'hypothèse, qui sera peut-être vérifiée dans une autre étude, que la toxicité constatée dans ces effluents est due globalement aux composés organiques utilisés dans la désinfection.

## CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES D'AVENIR

Une toxicité aiguë sur les Daphnies et le test Microtox a été observée sur tous les échantillons qui ont fait l'objet des essais écotoxicologiques. La variation de l'écotoxicité des effluents au cours du temps est probablement due essentiellement à la dilution par les eaux pluviales de l'effluent initial contaminé. Toutefois, les techniques de filtration peuvent contribuer à la réduction de la toxicité des effluents hospitaliers.

On note la présence des AOX à des concentrations non négligeables.

Les AOX ont une mauvaise biodégradabilité et un mauvais comportement d'adsorption<sup>[6]</sup>. Le rapport moyen DBO5/DCO (soit 0,43) traduit la faible biodégradabilité des substances contenues dans ces effluents.

Les effluents hospitaliers ont en général une charge microbologique très faible résultant de l'utilisation régulière de désinfectants. Ces bactéricides peuvent avoir une influence négative sur le rendement des processus biologiques des STEP. Même en considérant que ces effluents sont dilués après leur acheminement vers la STEP communale, il demeure évident qu'il ne faut pas négliger la possibilité que certaines substances, difficilement dégradables et retrouvées dans les effluents épurés, puissent générer par effet cumulatif un déséquilibre biologique à moyen ou à long terme sur un écosystème particulier. Pour protéger le milieu naturel contre les effets de débordement dus au franchissement du seuil maximal d'efficacité de la STEP, l'une des stratégies à considérer est le traitement en amont des effluents hospitaliers, compte tenu du fait que les substances relarguées sont strictement d'origine hospitalière.

\* et \*\***Evans Emmanuel**,

Université Quisqueya, Laboratoire de Qualité de l'eau et de l'environnement - BP 796 - Port-au-Prince (Haïti)

\*\*\***Jean-Marie Blanchard**,

Institut national des sciences appliquées de Lyon - Laboratoire d'analyse environnementale des procédés et systèmes industriels - Bât. Sadi Carnot - 69621 Villeurbanne cedex

\*\*\*\***Gérard Keck**,

École nationale vétérinaire de Lyon, Unité des sciences pharmaceutiques et toxicologiques - BP 83 - 69518 Marcy l'Étoile

\*\*\*\*\***Yves Perrodin**

École nationale des travaux publics de l'État, Laboratoire des sciences de l'environnement - rue Maurice Audin - 69518 Vaulx-en-Velin

## Bibliographie

- [1] CCLIN Paris-Nord ; *Élimination des effluents liquides des établissements hospitaliers - Recommandations*. Institut Biomédical des Cordeliers, Paris, 1999.
- [2] Leprat P. ; *Les rejets liquides hospitaliers, quels agents et quelles solutions techniques ?* Troisième journée du Réseau Régional d'Hygiène de Basse-Normandie, Caen, 1998.
- [3] Bernet S., Fines M. ; *Effluents du CHU de CAEN ; Étude qualitative et quantitative de la flore microbienne et recherche de bactéries multirésistantes*. Quatrième journée du Réseau Régional d'Hygiène de Basse-Normandie, Caen, 2000.
- [4] Mansotte F., Jestin E. ; *Les rejets liquides des établissements de santé : Caractérisation à la source et impact sur l'environnement marin côtier*. Direction départementale des affaires sanitaires et sociales de la Seine Maritime, Agence de l'eau de la Seine Normandie. Synthèse réalisée et complétée sur la base du travail de Florence Marrant Lebrun, Centre hospitalier du Havre, Clin-Club Environnement, France, 2000.
- [5] Jehannin P. ; *Caractérisation et gestion des rejets liquides hospitaliers*. Étude particulière de la situation du CH de Hyères (Var). Mémoire de fin d'études, École nationale de la santé publique, France, 1999.
- [6] Sprehe M., Geißen. S-U, Vogelwohl A. ; *Behandlung von AOX-haltigem Abwasser aus dem Krankenhausbereich - Abbau iodierter Röntgenkontrastmittel*. Technische Universität Clausthal, Institut für Thermische Verfahrenstechnik, Clausthal-Zellerfeld, Korrespondenz Abwasser (46) Nr. 4, 1999.
- [7] Gartiser St., Brinkler L., Erbe T., Kümmerer K., Willmund R. ; *Belastung von Krankenhausabwasser mit gefährlichen Stoffen im Sinne § 7a WHG*. Acta hydrochim. Hydrobio 24 (1996) 2, Weinheim, 1996.
- [8] Rodier J. ; *L'analyse de l'eau*. Dunod, Paris, 8<sup>e</sup> édition, 1996. 1384p.
- [9] Metvalf & Eddy ; *Wastewater Engineering*. 3<sup>e</sup> ed., McGraw-Hill, New York, 1991.
- [10] Persoone G., Goyvaerts M., Jansen C., De Coen W., Vangheluwe M. ; *Cost-effective acute hazard monitoring of polluted waters and waste dumps with the aid of toxkits*. Final report, University of Ghent, laboratory for biological research in aquatic pollution, Commission of the European communities, contract: ACE 89/BE 2/D3, November 1993.