

Contaminants dans les eaux résiduaires urbaines et qualité des rejets : approches méthodologiques d'OPUR 3

■ J. GASPERI¹, F. LUCAS¹, R. MOILLERON¹, G. VARRAULT¹, J.-M. MOUCHEL², G. CHEBBO¹

Mots-clés : programme de recherche, hydrologie urbaine, eaux résiduaires urbaines, micropolluants, Observatoire des polluants urbains

Keywords: research program, urban hydrology, urban wastewater, pollutants, Observatory of Urban Pollutants

1. La phase 3 du programme OPUR

Le programme « Observatoire des polluants urbains en Île-de-France » vise à améliorer les connaissances concernant la production et le transfert des polluants dans les eaux urbaines de l'atmosphère jusqu'à l'exutoire des bassins versants. L'ambition et l'originalité d'OPUR est de créer, en Île-de-France, un observatoire de terrain, constituant un site d'expérimentation fédérateur pour les différents acteurs de l'assainissement franciliens, ainsi qu'un site de référence à l'échelle nationale et internationale. Il vise le rapprochement de différentes équipes de recherche en Île-de-France et le développement d'une synergie entre chercheurs et gestionnaires des réseaux d'assainissement. À l'échelle nationale, OPUR est membre fondateur du réseau d'observatoires Hurrbis (Hydrologie urbaine réseau de recherche bassins inter sites) qui associe les trois observatoires français en hydrologie urbaine : Observatoire de terrain en hydrologie urbaine (OTHU) à Lyon et Observatoire nantais des environnements urbains (Onevu) à Nantes. Les partenaires opérationnels et financiers d'OPUR regroupent l'agence de l'eau Seine-Normandie (AESN), le conseil général de Seine-Saint-Denis (direction de l'eau et de l'assainissement), le conseil général du Val-de-Marne (direction des services de l'environnement et de l'assainissement), le conseil

régional d'Île-de-France (CRIF), le Syndicat interdépartemental de l'assainissement de l'agglomération parisienne (Siaap) et la ville de Paris (service technique de l'eau et de l'assainissement).

Le programme OPUR est structuré en phases de recherche successives d'une durée de six ans. Les deux premières phases d'OPUR (1994-2000 et 2001-2006) se sont appuyées sur des sites en zones urbaines denses, drainées par des réseaux d'assainissement unitaires. Au cours de ces deux premières phases, les différents niveaux du cheminement de l'eau, à l'échelle d'un petit bassin versant urbain (bassin du Marais, 42 ha), puis à d'autres échelles spatiales (de 42 ha à 2 580 ha), ont été étudiés. Pour les polluants suivis (matières en suspension, pollution carbonée, certains métaux, hydrocarbures aliphatiques et aromatiques), les résultats obtenus confirmèrent, d'une part, l'importance de la contamination des eaux de ruissellement et soulignèrent, d'autre part, le rôle fondamental joué par les processus de sédimentation/érosion/adsorption en réseau d'assainissement unitaire quelle que soit l'échelle spatiale considérée. Ces résultats ont démontré que, pour un territoire donné et pour un mode de gestion des eaux pluviales donné, les phénomènes se stabilisent au-delà de quelques dizaines d'hectares.

La troisième phase d'OPUR (2007-2011) s'est inscrite dans la continuité des actions de recherche précédentes en poursuivant ses investigations sur les sources et les transferts des contaminants dans les bassins versants urbanisés. Elle visait, d'une part, à analyser les polluants véhiculés par les eaux pluviales

¹ Laboratoire eau, environnement et systèmes urbains (Leesu) – Université Paris-Est – 61, avenue du Général-de-Gaulle – 94010 Créteil cedex.
Courriel : gasperi@u-pec.fr

² Sisyphe – Université Pierre-et-Marie Curie Paris VI – 4, place Jussieu – 75252 Paris cedex 05.

dans des zones drainées par des systèmes séparatifs (du périurbain jusqu'à l'urbain dense), mais également à approfondir certaines connaissances sur les eaux résiduaires urbaines dans les zones urbaines denses drainées par des réseaux unitaires. Pour répondre à ces objectifs, de nombreuses actions de recherche ont été entreprises sur les eaux pluviales [BRESSY, 2010 ; BRESSY *et al.*, 2011 ; BRESSY *et al.*, 2012 ; GROMAIRE *et al.*, 2011 ; ROBERT-SAINTE, 2009 ; ROBERT-SAINTE *et al.*, 2009 ; ZGHEIB, 2009 ; ZGHEIB *et al.*, 2011a ; ZGHEIB *et al.*, 2011b ; ZGHEIB *et al.*, 2009] et sur les eaux résiduaires urbaines. Pour les eaux pluviales, une synthèse des résultats obtenus a été publiée en 2011 (numéro spécial *Techniques Sciences et Méthodes*, n° 4/2011, intitulé « Micropolluants et eaux pluviales : de l'atmosphère au bassin versant ») et divers articles internationaux sont d'ores et déjà disponibles. Fort de cette première synthèse, l'équipe OPUR a souhaité également synthétiser l'ensemble des travaux réalisés sur les eaux résiduaires urbaines à travers un dossier spécial de la revue *Techniques Sciences et Méthodes* intitulé « Polluants dans les eaux résiduaires urbaines et qualité des rejets ». Cet article vise à synthétiser l'ensemble des travaux réalisés sur les eaux résiduaires urbaines et à présenter les différentes approches méthodologiques déployées au cours d'OPUR 3. Comme décrit ci-dessous, ces travaux se structurent selon trois thématiques :

- la qualité physico-chimique des eaux résiduaires urbaines ;
- l'efficacité des filières de traitement vis-à-vis des contaminants chimiques et biologiques ;
- et, enfin, la qualité des rejets et leur impact sur le milieu récepteur.

2. Contaminants dans les eaux résiduaires urbaines et qualité des rejets

2.1. Qualité physico-chimique des eaux résiduaires urbaines

Pour améliorer les connaissances sur l'origine de la pollution véhiculée par les eaux résiduaires urbaines et la dynamique des contaminants en milieu urbain, il est primordial de s'intéresser à la qualité des eaux résiduaires urbaines sur l'ensemble du cycle urbain de l'eau. Une telle approche concourt à identifier

l'origine des contaminants et à orienter des mesures préventives. Il nous a donc semblé pertinent de suivre les eaux résiduaires urbaines du particulier à l'industriel jusqu'à leur rejet après traitement vers le milieu récepteur.

Aussi dans cette phase, dans le cadre du thème 2 (« sources et flux de contaminants à l'échelle des bassins versants », coordonné par Régis Moilleron et Ghassan Chebbo), deux approches complémentaires ont été suivies. La première a consisté à déterminer les niveaux de contamination dans les émissaires des principales stations d'épuration de l'agglomération parisienne (Seine Aval, Seine Centre, Seine Amont et Marne Aval), en collaboration avec les équipes techniques du Siaap, sur des échantillons moyens 24 heures prélevés proportionnellement au débit. Au total, cinq émissaires ont été considérés et, selon la famille de polluants, de une à trois campagnes ont été effectuées. La seconde approche nous a permis d'appréhender la qualité des effluents domestiques, industriels et artisanaux afin d'établir des bilans sur la base de flux. Cette action a été réalisée en collaboration avec la Société des eaux de Versailles et de Saint-Cloud (Sevesc) et le Laboratoire central de la préfecture de police de Paris (LCP). Ces approches ont été suivies dans le cadre de deux thèses : l'une sur les phtalates et les alkylphénols [BERGÉ, 2012], l'autre sur certains contaminants présents dans les produits de soins corporels [GEARA-MATTA, 2012]. Dans ce dernier cas, il s'agit de l'une des toutes premières études à être réalisée en France sur la détermination simultanée de six parabènes et de deux bactéricides, triclosan et triclocarban [GEARA-MATTA *et al.*, 2011] à l'échelle d'une agglomération. Systématiquement, les analyses ont été effectuées à la fois sur les phases particulaire et dissoute.

Parallèlement, des travaux ont été conduits au niveau de l'usine de Clichy-la-Garenne (Hauts-de-Seine), un centre de prétraitement des effluents du réseau d'assainissement de la ville de Paris. Ce site reçoit environ 1 000 000 m³ d'eaux usées par jour, qui sont ensuite redirigées vers les usines de Seine Centre, Seine Aval, et Seine Grésillons. Sur ce site, la méthodologie développée par ZGHEIB [2009], qui permet le suivi d'un large panel de molécules – 88 substances dont celles de la directive cadre sur l'eau (DCE) – a

été utilisée pour évaluer des flux de polluants prioritaires dans les eaux urbaines [ZGHEIB, 2009]. Sur ce site, quatre événements pluvieux ont été échantillonnés. Une synthèse de l'ensemble de ces travaux est disponible dans GASPERI et coll. [2011]. Sur ce même site, les alkylphénols et le bisphénol A ont été mesurés dans les rejets urbains par temps de pluie (RUTP) par Mathieu Cladière, dont la thèse est réalisée en collaboration avec le programme PIREN-Seine [CLADIÈRE, 2012 ; CLADIÈRE *et al.*, 2011].

2.2. Efficacité des filières de traitement vis-à-vis des contaminants chimiques et biologiques

À travers le thème « Efficacité épuratoire des filières de traitement des eaux résiduaires urbaines : aspects microbiologiques et physico-chimiques », coordonné par Françoise Lucas et Johnny Gasperi, les actions développées en collaboration avec le Siaap ont visé à améliorer les connaissances sur le comportement de nombreux polluants prioritaires et contaminants biologiques le long des filières de traitement des eaux résiduaires urbaines. Au cours de cette phase, les procédés conventionnels (décantation simple et traitement par boues activées), mais aussi des procédés compacts et plus modernes (décantation physico-chimique lamellaire, biofiltration, clariflocculation par temps de pluie) ont été considérés. Une des originalités de ces actions réside dans l'étude de ces procédés en fonctionnement optimisé par temps sec (TS)

ou en fonctionnement dégradé par temps de pluie (TP). Une seconde originalité réside dans le couplage des aspects microbiologiques et physico-chimiques.

Selon la méthodologie développée par ZGHEIB [2009], un large panel de molécules (*screening* de 88 substances dont celles de la DCE) a été tout d'abord étudié et sélectionné. À cette première approche, d'autres actions se sont greffées sur d'autres polluants émergents (alkylphénols, polybromodiphényléthers, phtalates, triclosan et parabènes). Pour la microbiologie, les bactéries indicatrices fécales, les mycobactéries non tuberculeuses (MNT) et les communautés bactériennes ont été étudiées. Le *tableau I* synthétise pour chaque procédé étudié l'ensemble des travaux réalisés et des résultats disponibles ou en cours de valorisation. Au total, ces actions ont concerné une thèse dans son intégralité [Gilbert, 2011] et trois thèses en partie [BERGÉ, 2012 ; GEARA-MATTA, 2012 ; RADOMSKI, 2011].

2.3. Qualité des rejets et leur impact vis-à-vis du milieu récepteur

Parallèlement aux investigations menées sur les filières de traitement à proprement parler, les rejets de principales stations d'épuration de l'agglomération parisienne ont été plus spécifiquement étudiés. Pour évaluer la qualité de ces rejets et leur impact sur le milieu, trois approches menées en étroite

		Références	Déc. classique	Déc. P-C lamellaire	Biofiltration	Boues activées	Clariflocculation
Chimie	Screening (88 substances)	GASPERI <i>et al.</i> , 2010 + Résultats en cours de valorisation	3 TS	3 TS	3 TS	3 TS	3 TP
	Alkylphénols Polybromodiphényléther	GILBERT, 2011 GILBERT <i>et al.</i> , 2012	5 TS/TP	5 TS/TP	5 TS/TP	5 TS/TP	3 TP
	Parabènes Triclosan Triclocarban	GEARA-MATTA, 2012	3 TS	3 TS	3 TS	3 TS	-
	Phtalates	BERGE, 2012 BERGE <i>et al.</i> , 2012	-	9 TS	9 TS	-	-
Biologie	MNT	RADOMSKI, 2011	-	10 TS	10 TS	-	-
	BIF	Résultats en cours de valorisation	5 TS/TP	5 TS/TP	5 TS/TP	5 TS/TP	-
	Diversité bact.		5 TS/TP	5 TS/TP	5 TS/TP	5 TS/TP	-

Déc. classique : décantation classique ; Déc. P-C lamellaire : décantation physico-chimique lamellaire ; TS : temps sec ou fonctionnement optimisé ; TP : temps de pluie ou fonctionnement dégradé ; MNT : mycobactéries non tuberculeuses ; BIF : bactéries indicatrices de contamination fécale.

Tableau I. Synthèse des expérimentations menées sur les stations d'épuration

collaboration avec le programme PIREN-Seine ont été développées.

La première approche consiste pour un nombre limité de polluants (alkylphénols et bisphénol A) à évaluer la contribution de l'assainissement aux flux de polluants. Pour cela, les rejets des principales stations d'épuration ont été étudiés et les flux rejetés ont été comparés aux flux transitant à l'exutoire du bassin versant amont de la Seine. Ce travail en cours s'intègre dans le cadre de la thèse de Mathieu Cladière.

La seconde approche s'est intéressée à la matière organique de ces rejets qui a une forte influence sur la spéciation des contaminants qu'ils transportent. Quelle que soit leur nature, les rejets urbains sont en effet des sources potentiellement importantes de contaminants et de matière organique pour le milieu récepteur. L'impact de ces contaminants dans les systèmes aquatiques dépend en grande partie de leur spéciation, c'est-à-dire de leur forme chimique. Pour les éléments traces métalliques, par exemple, il est connu que c'est leur forme libre, c'est-à-dire non complexée, qui prédit le mieux leur biodisponibilité et donc leur impact sur le milieu. La matière organique (MO) joue un rôle fondamental dans la spéciation des métaux traces (Cd, Cu, Hg, Pb, Zn) et donc influence fortement leur biodisponibilité. Si les interactions entre la matière organique de nature humique (fraction hydrophobe acide de la MO) et les métaux sont étudiées depuis plus de 30 ans, le rôle de la matière organique d'origine urbaine est quant à lui beaucoup moins documenté. Dans le cadre de cette phase 3 du programme OPUR, l'objectif des travaux thèses de Benoît Pernet-Coudrier et de Zeinab Matar était de caractériser la nature physico-chimique de la MO d'origine urbaine ainsi que son impact sur la spéciation et la biodisponibilité des métaux traces dans les milieux récepteurs [MATAR, 2012 ; PERNET-COUDRIER, 2008]. Pour ce faire, les rejets traités de quatre stations d'épuration de la région parisienne et les RUTP prélevés au déversoir d'orage de Clichy ont été échantillonnés (une vingtaine de prélèvements). La MO a été fractionnée selon des critères de polarité de façon à séparer la fraction hydrophobe de la fraction hydrophile. Ces fractions ont ensuite été caractérisées individuellement, notamment en termes d'interaction avec les métaux.

Ces travaux ont démontré dans un premier temps que la matière organique d'origine urbaine, notamment les effluents de temps sec de station d'épuration contiennent principalement de la matière organique dissoute hydrophile [PERNET-COUDRIER *et al.*, 2011b]. En période d'étiage, ces rejets urbains augmentent sensiblement le caractère hydrophile de la MO dans la Seine à l'aval de l'agglomération parisienne, la fraction hydrophobe de la MO pouvant alors être minoritaire. Cette matière organique hydrophile, très peu étudiée jusqu'alors, présente des teneurs particulièrement importantes en azote, mais aussi en soufre. L'influence de cette matière organique dissoute (MOD) hydrophile sur la spéciation des métaux est forte puisqu'elle présente un pouvoir complexant relativement élevé comparé à la matière organique provenant de sites non touchés à l'amont de l'agglomération parisienne ou à des substances humiques de référence (*Suwannee River Fulvic Acid* – obtenues par l'International Humic Substances Society) [MURESAN *et al.*, 2011 ; PERNET-COUDRIER *et al.*, 2011a]. Le fort impact de ces substances organiques hydrophiles sur la biodisponibilité des métaux dans les eaux a également pu être mis en évidence [PERNET-COUDRIER *et al.*, 2008]. Il apparaît donc indispensable de tenir compte du rôle joué par la matière organique d'origine urbaine sur la biogéochimie des contaminants métalliques dans les cours d'eau sous forte pression urbaine.

Parallèlement à ces travaux et dans le cadre d'un stage de Master [BRACMORT, 2010], une nouvelle méthodologie, visant à quantifier les métaux labiles (estimation des métaux biodisponibles) dans l'environnement (rejets urbains, milieu récepteur aquatique...) au moyen de disques chélatants, a été développée dans le cadre d'une collaboration scientifique avec la direction du développement et de la prospective du Siaap. Cette technique, complémentaire de la technique bien connue de *diffusive gradient in thin films* (DGT), fait l'objet d'un article dans ce dossier [VARRAULT *et al.*, 2012].

La troisième approche, réalisée à l'interface des programmes OPUR et PIREN-Seine, se focalise sur la dégradation de micropolluants organiques dans les milieux urbains. Ce travail s'intéresse plus particulièrement aux hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), contaminants ubiquistes

formés lors de la plupart des combustions. Ils sont naturellement présents dans l'environnement (feux de forêt notamment), mais les activités humaines (chauffage domestique, transport, industrie, etc.) ont considérablement augmenté leur niveau dans l'environnement. Ils sont émis vers l'atmosphère, pour une large part dans l'environnement urbain, sous forme gazeuse, mais aussi attachés à des suies, et de ce fait retombent en partie au voisinage de leurs lieux d'émission et contribuent par la suite à la contamination des eaux de ruissellement. Les HAP sont aussi un facteur déclassant très important de la qualité chimique des milieux aquatiques dans le bassin de la Seine. Dans les milieux anoxiques (sédiments enfouis), la vitesse de dégradation des HAP est lente et on retrouve facilement la trace des contaminations du passé, à l'échelle de plusieurs décennies, dans des carottes sédimentaires. Dans les sols, au contraire, la dégradation des HAP semble beaucoup plus rapide (quelques dizaines de jours à une année), et des bactéries possèdent un arsenal d'enzymes qui leur

permet de s'attaquer à plusieurs HAP. Dans ce contexte, l'objectif de cette approche est de caractériser le potentiel de dégradation des HAP, en comparaison d'autres contaminants organiques, dans différents horizons oxygènes en milieu urbain (sédiments de surface, sols), de confirmer la beaucoup plus lente dégradation en milieu anoxique, et de définir des indicateurs de présence des bactéries actives [AING, en cours].

Remerciements

Le programme OPUR souhaite remercier l'ensemble de ses financeurs : le service public de l'assainissement francilien (Siaap), l'agence de l'eau Seine-Normandie (AESN), la ville de Paris, les conseils généraux du Val-de-Marne (DSEA94) et de la Seine-Saint-Denis (DEA93). Les chercheurs d'OPUR remercient également la Société des eaux de Versailles et de Saint-Cloud (Sevesc) et le Laboratoire central de la préfecture de police de Paris (LCP) pour leur contribution dans le thème 2 d'OPUR – Qualité des eaux résiduaires urbaines.

Bibliographie

AING S. : *Étude de la dégradation de micropolluants organiques dans les milieux urbains* [thèse]. Sciences et techniques de l'environnement. Université Pierre et Marie Curie. (pp. en cours)

BERGÉ A. (2012) : *Identification des sources d'alkylphénols et de phtalates en milieu urbain* [thèse]. Sciences et techniques de l'environnement. Université Paris-Est. (en cours)

BERGÉ A., GASPERI J., ROCHER V., COURSIMAULT A., MOILLERON R. (2012) : « Occurrence et devenir des phtalates en milieu urbain : étude des émissaires parisiens et de la station d'épuration Seine Centre ». *Techniques Sciences Méthodes* ; 4 : 21-29.

BRACMORT G. (2010) : *Détermination des métaux labiles par les disques chélatants : validation de la méthode et application sur des matrices environnementales*. Rapport de master 2 SAGE (2010), Université Paris-Est Créteil. p. 68.

BRESSY A. (2010) : *Flux de micropolluants dans les eaux de ruissellement urbaines. Effets de différents modes de gestion des eaux pluviales* [thèse]. Sciences et techniques de l'environnement. Université Paris-Est. p. 332.

BRESSY A., GROMAIRE M.C., LORGEUX C., CHEBBO G. (2011) : « Alkylphenols in atmospheric depositions and urban runoff ». *Water Science and Technology* ; 63 : 671-679.

BRESSY A., GROMAIRE M.C., LORGEUX C., SAAD M., LEROY F., CHEBBO G. (2012) : « Towards the determination of an optimal scale for stormwater quality management:

Micropollutants in a small residential catchment ». *Water Research*, sous presse.

CLADIÈRE M. (2012) : *Flux et devenir des alkylphénols et du bisphénol A dans le bassin de la Seine* [thèse]. Sciences et techniques de l'environnement. Université Paris-Est. (pp. en cours.)

CLADIÈRE M., GASPERI J., LORGEUX C., BONHOMME C., ROCHER V., TROUPEL M., TASSIN (2011) : « Bisphénol A : premiers résultats sur le bassin de la Seine ». *Techniques Sciences Méthodes* ; 11 : 33-45.

GASPERI J., ROCHER V., GILBERT S., AZIMI S., CHEBBO G. (2010) : « Occurrence and removal of priority pollutants by lamella clarification and biofiltration ». *Water Research* ; 44 : 3065-3076.

GASPERI J., ZGHEIB S., CLADIÈRE M., ROCHER V., MOILLERON R., CHEBBO G. (2011) : « Priority pollutants in urban stormwater: Part 2 – Case of combined sewers ». *Water Research*, sous presse.

GEARA-MATTA D. (2012) : *Produits cosmétiques émergents (parabènes, triclosan et triclocarban) dans les eaux usées résiduaires* [thèse]. Sciences et techniques de l'environnement. Université Paris-Est. (pp. en cours.)

GEARA-MATTA D., LORGEUX C., ROCHER V., CHEBBO G., MOILLERON R. (2011) : « Contamination des eaux usées par les perturbateurs endocriniens : protocole d'analyse et résultats pour le triclosan, le triclocarban et les parabènes ». *Techniques Sciences Méthodes* ; 10 : 17-24.

GILBERT S. (2011) : *Devenir des polybromodiphényléthers et des alkylphénols dans les filières de traitement des eaux usées* [thèse]. Sciences et techniques de l'environnement. Université Paris-Est. pp. 289.

GILBERT S., GASPERI J., ROCHER V., LORGEUX C., CHEBBO G. (2012) : « Removal of alkylphenols and polybromodiphenylethers by a biofiltration treatment plant during dry and wet-weather periods ». *Water Science and Technology*, sous presse.

GROMAIRE M.C., ROBERT-SAINTE P., BRESSY A., SAAD M., DE GOUVELLO B., CHEBBO G. (2011) : « Zn and Pb emissions from roofing materials – modelling and mass balance attempt at the scale of a small urban catchment ». *Water Science and Technology* ; 63 : 2590-2597.

MATAR Z. (2012) : *Interactions entre la MOD d'origine urbaine et les métaux traces : impact sur leur spéciation, transfert et biodisponibilité dans les milieux récepteurs* [thèse]. Sciences et techniques de l'environnement. Université Paris-Est. (pp. en cours.)

MURESAN B., PERNET-COUDRIER B., COSSA D., VARRAULT G. (2011) : « Measurement and modeling of mercury complexation by dissolved organic matter isolates from freshwater and effluents of a major wastewater treatment plant ». *Applied Geochemistry* ; 26 : 2057-2063.

PERNET-COUDRIER B. (2008) : *Influence de la matière organique dissoute sur la spéciation et la biodisponibilité des métaux : cas de la Seine, un milieu sous forte pression urbaine* [thèse]. Sciences et techniques de l'environnement. Université Paris-Est. pp. 292.

PERNET-COUDRIER B., CLOUZOT L., VARRAULT G., TUSSEAU-VUILLEMIN M.-H., VERGER A., MOUCHEL J.-M. (2008) : « Dissolved organic matter from treated effluent of a major wastewater treatment plant: Characterization and influence on copper toxicity ». *Chemosphere* ; 73 : 593-599.

PERNET-COUDRIER B., COMPANYS E., GALCERAN J., MOREY M., MOUCHEL J.-M., PUY J., et al. (2011a) : « Pb-binding to various dissolved organic matter in urban aquatic

systems: Key role of the most hydrophilic fraction ». *Geochimica et Cosmochimica Acta* ; 75 : 4005-4019.

PERNET-COUDRIER B., VARRAULT G., SAAD M., CROUE J.P., DIGNAC M.F., MOUCHEL J.M. (2011b) : « Characterisation of dissolved organic matter in Parisian urban aquatic systems: predominance of hydrophilic and proteinaceous structures ». *Biogeochemistry* ; 106 : 89-106.

RADOMSKI N. (2011) : *Sources des mycobactéries non-tuberculeuses dans les bassins versants* [thèse]. Sciences et techniques de l'environnement. Université Paris-Est. pp. 215.

ROBERT-SAINTE P. (2009) : *Contribution des matériaux de couverture à la contamination des eaux de ruissellement* [thèse]. Sciences et techniques de l'environnement. Université Paris-Est.

ROBERT-SAINTE P., GROMAIRE M.C., DE GOUVELLO B., SAAD M., CHEBBO G. (2009) : « Annual metallic flows in roof runoff from different materials: test-bed scale in Paris conurbation ». *Environmental Science & Technology* ; 43 : 5612-5618.

VARRAULT G., ROCHER V., BRACMORT G., LOUIS Y., MATAR Z. (2012) : « Éléments de validation d'une méthode de détermination des métaux labiles dans les milieux aquatiques ». *Techniques Sciences Méthodes* ; 4 : 56-66.

ZGHEIB S. (2009) : *Flux et sources des polluants prioritaires dans les eaux urbaines en lien avec l'usage du territoire* [thèse]. Sciences et techniques de l'environnement. Université Paris-Est. pp. 359.

ZGHEIB S., MOILLERON R., CHEBBO G. (2011a) : « Influence of the land use pattern on the concentrations and fluxes of priority pollutants in urban stormwater ». *Water Science and Technology* ; 64 : 1450-1458.

ZGHEIB S., MOILLERON R., CHEBBO G. (2011b) : « Priority pollutants in urban stormwater: part 1 - Influence of land user ». *Water Research*, sous presse.

ZGHEIB S., MOILLERON R., SAAD M., CHEBBO G. (2009) : « Innovative analysis of dissolved-particulate phases vs. total phase ». *International Conference on Xenobiotics in the Urban Water Cycle*. Cyprus.

Résumé

J. GASPERI, F. LUCAS, R. MOILLERON, G. VARRAULT, J.-M. MOUCHEL, G. CHEBBO

Contaminants dans les eaux résiduaires urbaines et qualité des rejets : approches méthodologiques d'OPUR 3

Le programme « Observatoire des polluants urbains en Île-de-France » (OPUR) vise à améliorer les connaissances concernant la production et le transfert des polluants dans les eaux urbaines de l'atmosphère jusqu'à l'exutoire des bassins versants. L'ambition et l'originalité d'OPUR est de créer, en Île-de-France, un observatoire de terrain, constituant un site d'expérimentation fédérateur pour les différents acteurs de l'assainissement franciliens, ainsi qu'un site de référence à l'échelle nationale et internationale.

La troisième phase d'OPUR (OPUR 3, 2007-2011) s'est inscrite dans la continuité des actions de recherche menées depuis 1994 sur les sources et les transferts des contaminants dans les bassins versants urbanisés. Elle visait, d'une part, à analyser les polluants véhiculés par les eaux pluviales

dans des zones drainées par des systèmes séparatifs (du périurbain jusqu'à l'urbain dense), mais également à approfondir certaines connaissances sur les eaux résiduaires urbaines dans les zones urbaines denses drainées par des réseaux unitaires.

Le présent article vise à synthétiser l'ensemble des travaux réalisés sur les eaux résiduaires urbaines et à présenter les différentes approches méthodologiques déployées au cours d'OPUR 3. Ces travaux se structurent selon trois thématiques :

- la qualité physico-chimique des eaux résiduaires urbaines ;
- l'efficacité des filières de traitement vis-à-vis des contaminants chimiques et biologiques ;
- et, enfin, la qualité des rejets et leur impact sur le milieu récepteur.

Abstract

J. GASPERI, F. LUCAS, R. MOILLERON, G. VARRAULT, J.-M. MOUCHEL, G. CHEBBO**Pollutants in urban wastewater and quality of effluents: methodologies applied during the OPUR research program**

The "Observatory of Urban Pollutants in Île-de-France/Paris region" (OPUR) research program aims at improving the knowledge on production and transfers of pollutants in urban stormwater and urban wastewater within urban areas. The ambition and originality of the OPUR research program is to create and conduct a field observatory federating different research teams and sewer stakeholders. This observatory aims to be a reference site at the national and international scales. The phase 3 of the OPUR research program (OPUR 3, 2007-2011) was focused on the sources and transfers of pollutants in urban catchments. On the one hand, this phase aimed at examining the

quality of urban stormwater (from residential to high densely populated areas). On the other hand, its objectives were also to improve the knowledge on the quality of urban wastewater.

This paper describes all studies carried out on urban wastewater and presents the various methodologies applied during the OPUR phase 3. Three tasks were defined:

- physical and chemical quality of urban wastewater;
- efficiency of different wastewater treatments in regard to chemical and biological contaminants;
- and quality of treated effluents and impacts on the receiving waters.