
Évaluation des flux de substances prioritaires de la DCE dans les rejets urbains par temps de pluie et les retombées atmosphériques

C. Becouze *, **J.-L. Bertrand-Krajewski ***, **A. Dembélé * ****,
C. Cren-Olivé ***, **M Coquery ******

* *Université de Lyon, INSA Lyon, LGCIE
34 avenue des Arts, F-69621 Villeurbanne cedex, France
celine.becouze@insa-lyon.fr, jean-luc.bertrand-krajewski@insa-lyon.fr,
abel.dembele@insa-lyon.fr*

** *Suez-Environnement
1 rue d'Astorg, 75008 Paris, France*

*** *SCA, CNRS
BP 22, 69390 Vernaison, France
c.cren@sca.cnrs.fr*

**** *Cemagref, UR QELY
3bis quai Chauveau, CP 220, F-69336 Lyon, France
marina.coquery@cemagref.fr*

RÉSUMÉ. Dans les bassins versants urbains, les rejets urbains de temps de pluie (RUTP) issus des réseaux unitaires et séparatifs contribuent significativement à la contamination des masses d'eau par de nombreux polluants, incluant les substances prioritaires listées dans la Directive Cadre européenne sur l'Eau (DCE 2000/60/CE). Tandis que les polluants traditionnels tels MES, DBO, DCO et nutriments sont bien documentés en terme de concentrations et charges dans les RUTP, très peu d'informations sont disponibles sur les substances prioritaires. Le projet ESPRIT a pour objectif d'identifier, d'évaluer et de caractériser puis dans un second temps de modéliser les flux des substances prioritaires dans les RUTP. Pour cela, deux sites ont fait l'objet de campagnes de mesure : Ecully (site résidentiel – réseau unitaire) et Chassieu (site industriel – réseau séparatif pluvial). L'ensemble du dispositif expérimental a été mis en place, testé et validé en 2007. Les

Évaluation des flux de substances prioritaires de la DCE dans les rejets urbains de temps de pluie et les retombées atmosphériques 2

campagnes ont débuté en février 2008. Début 2009, 20 campagnes de temps de pluie ont été effectuées sur les deux sites, plus 24 campagnes d'eau météoriques et 20 campagnes de retombées atmosphériques sèches. Les premiers résultats de ces campagnes sont présentés dans cet article.

ABSTRACT. In urban catchments, diffuse stormwater discharges from both separate and combined sewers contribute significantly to the contamination of water bodies by numerous pollutants, including the priority substances listed in the European Water Framework Directive. Whereas traditional pollutants such as solids, BOD, COD and nutrients in stormwater discharges are well documented (concentrations and loads), very few information is available on the presence, the concentrations and the loads of priority substances in these discharges. The ESPRIT project aims to identify, evaluate, characterise and later on model fluxes of priority pollutants in urban stormwater discharges. Two sites have been chosen for measurement campaigns: Ecully (residential site, combined sewer) and Chassieu (industrial site, separate sewer). Since the beginning of 2008, the following campaigns have been carried out: 20 campaigns at the outlet of both sites, 24 campaigns for atmospheric deposits and 20 campaigns for rainwater. The first results of these campaigns are presented in this paper.

MOTS-CLÉS : DCE, substances prioritaires, réseau d'assainissement, retombées atmosphériques, RUTP

KEYWORDS: WFD, priority pollutants, stormwater, sewer systems, atmospheric deposition

1. Introduction

L'extension des villes dans la plupart des pays génère des flux polluants croissants rejetés dans les milieux aquatiques par les systèmes d'assainissement urbains, avec des enjeux environnementaux considérables. Une part importante de ces flux polluants est transportée par les eaux de ruissellement générées lors des événements pluvieux. Les rejets urbains par temps de pluie sont constitués de l'ensemble des eaux rejetées i) par les installations d'épuration, ii) par les déversoirs d'orage et iii) par les exutoires pluviaux, pendant un événement pluvieux et pendant la période de temps sec qui lui succède, au cours de laquelle le système d'assainissement n'a pas encore retrouvé un fonctionnement normal de temps sec. L'origine des polluants contenus dans les RUTP est multiple : pollution atmosphérique, lessivage des dépôts de temps sec et des retombées sèches accumulées sur les bassins versants, érosion des matériaux urbains, remise en suspension des polluants présents dans les réseaux d'assainissement. L'importance des flux de polluants des RUTP et de leurs impacts sur les milieux aquatiques a été largement démontrée (voir par exemple Chocat *et al.*, 2007 pour une synthèse).

La réduction des RUTP est devenue un enjeu majeur pour de nombreuses collectivités, dans le but d'atteindre les objectifs de qualité des masses d'eau superficielles et souterraines fixés par la Directive Cadre européenne sur l'Eau. Cette directive exige « d'adopter des mesures spécifiques contre la pollution de l'eau par certains polluants ou groupes de polluants présentant un risque significatif pour ou via l'environnement aquatique » (EC, 2000). Une liste de 41 substances

prioritaires avec des normes de qualité environnementales associées, dont 11 classées comme prioritaires dangereuses, a été établie (EC, 2008). La directive exige dans son article 16 de réduire progressivement la pollution due aux substances prioritaires, et d'arrêter ou supprimer progressivement les rejets, les émissions et les pertes des substances prioritaires dangereuses. L'atteinte de cet objectif sera très difficile « sans reconsidérer en profondeur [...] nos modèles en matière d'eau potable, d'assainissement, d'agriculture et de police de l'environnement » (IFEN, 2006). Parmi les nombreuses études portant sur la qualité des RUTP depuis une trentaine d'années, la plupart évaluent la qualité des rejets au niveau des déversoirs d'orage en réseau unitaire ou des exutoires des réseaux séparatifs pluviaux, sans quantification des origines des flux polluants (dépôts atmosphériques, eaux de pluie, ruissellement sur les toitures et les chaussées, eaux usées de temps sec, etc.). Il existe cependant un nombre croissant d'études permettant de suivre les apports en polluants en fonction de leur origines et de leurs transferts, notamment pour les métaux ou les hydrocarbures (par exemple Kafi-Benyahia, 2006), alors que peu de données sur les flux de micropolluants organiques tels que les pesticides ont été obtenues. L'étude des retombées atmosphériques est nécessaire dans le but d'évaluer leur contribution au bilan global des flux polluants des RUTP. Cependant, elles sont rarement étudiées.

Dans ce contexte, le projet ESPRIT (Évaluation des Substances Prioritaires dans les Rejets Inhérents au Temps de pluie) a pour objectif d'identifier, d'évaluer, de caractériser puis de modéliser les flux de substances prioritaires dans les RUTP dans les systèmes d'assainissement unitaire et séparatif en tenant compte de leurs différentes origines. Il s'intéresse à trois étapes du cycle urbain de l'eau et des polluants : les eaux météoriques (eaux de pluie), les retombées atmosphériques sèches et les RUTP à l'exutoire des bassins versants.

2. Sites expérimentaux et méthodes

2.1. Sites expérimentaux

Les campagnes de mesure sont effectuées sur deux sites expérimentaux sur le territoire du Grand Lyon : Ecully et Chassieu (voir figure 1). Ces sites sont instrumentés et suivis par l'Observatoire de Terrain en Hydrologie Urbaine (OTHU) (www.othu.org). Leurs caractéristiques principales sont présentées dans le tableau 1.

Évaluation des flux de substances prioritaires de la DCE dans les rejets urbains de temps de pluie et les retombées atmosphériques 4



Figure 1. Localisation des 2 sites expérimentaux sur le territoire du Grand Lyon

Tableau 1. Caractéristiques principales des sites de Chassieu et d'Écully

	Écully	Chassieu
Localisation	Ouest de Lyon	Est de Lyon
Occupation du sol	habitat résidentiel	zone industrielle
Surface totale (ha)	245	185
Surface active moyenne (ha)	60	54
Pente moyenne (%)	2	0.4
Imperméabilisation (%)	42	75
Type de réseau	unitaire	séparatif

Sur chaque site, des capteurs mesurent en continu, au pas de temps de 2 minutes, plusieurs paramètres quantitatifs (hauteur d'eau, vitesse d'écoulement) et qualitatifs (température, pH, conductivité, turbidité) à l'exutoire des bassins versants. Les capteurs de qualité de l'eau sont installés dans un canal de mesure placé en dérivation et alimenté en continu par une pompe péristaltique. Les échantillons de RUTP et d'eaux de temps sec sont collectés dans ce canal de mesure.

2.2. Modalités d'échantillonnage

2.2.1. Les rejets urbains de temps de pluie

Les échantillons sont prélevés au moyen de préleveurs automatiques Bühlher 4010 réfrigérés à 4°C, équipés d'un tuyau d'aspiration en Téflon et munis d'un jeu de 24 flacons de 1 L en verre. L'objectif est de constituer des échantillons moyens représentatifs pour déterminer les concentrations moyennes événementielles des différents polluants. Les prélèvements instantanés sont effectués à pas de temps et à

volume constants déterminés en fonction des prévisions météorologiques (prévisions à court terme du début et de la durée de la pluie). Pour chaque événement pluvieux mesuré, un échantillon moyen représentatif proportionnel aux volumes écoulés est composé manuellement dès la fin de l'événement à partir des mesurages du débit et de la conductivité.

2.2.2. Les retombées atmosphériques

Nous avons mis en place un prototype de collecte automatique des retombées atmosphériques sèches et des eaux météoriques (Dembélé *et al.*, 2008). Ce prototype est installé sur chacun des sites : la figure 2 présente celui de Chassieu. Chaque prototype comprend deux bacs en polyéthylène dont la fermeture en alternance est assurée par des volets roulants électriques étanches. Les surfaces collectrices des bacs ont été recouvertes de Téflon pour empêcher les éventuelles interactions (relargage, adsorption, ...) entre le polyéthylène et les substances à mesurer. Un pluviographe à pesée OTT Pluvio 200 complète le système et fournit les informations pluviométriques nécessaires à la commande automatisée du prototype.



Figure 1. Prototype d'échantillonneur des retombées atmosphériques sèches et des eaux météoriques installé à Chassieu (ici en position temps sec)

Les eaux météoriques sont collectées pour chaque événement pluvieux échantillonné. Les retombées atmosphériques sèches sont collectées toutes les 3 semaines environ.

2.2.3. Blancs de prélèvements

Des procédures strictes de nettoyage et de vérification du matériel (préleveurs automatiques des rejets, échantillonneurs des retombées atmosphériques sèches et des eaux météoriques...) ont été mises en place afin d'éviter tout risque de contamination des échantillons. Des blancs de terrain sont effectués pour détecter une possible contamination de la chaîne d'échantillonnage et de conditionnement

des échantillons. Les échantillons moyens événementiels sont rapidement transportés au laboratoire puis transférés dans des contenants en polyéthylène pour les analyses de métaux, en Téflon (FEP) pour le mercure et en verre ambré pour les polluants organiques.

2.3. Méthodes analytiques

2.3.1. Analyse des métaux

Les analyses sont effectuées systématiquement pour 26 métaux, dont les quatre de la DCE (Cd, Pb, Ni et Hg). Tous les dispositifs utilisés pour les analyses (unité de filtration, filtres ...) sont préalablement lavés à l'acide nitrique à 20 %, puis à l'acide chlorhydrique à 10 % et rincés à l'eau ultra pure (Milli-Q, Millipore). La figure 2 illustre la méthode analytique utilisée pour l'analyse en phase dissoute et particulaire des métaux (sauf le mercure). L'analyse est réalisée selon la norme ISO 11885 (ISO, 2007).

Les limites de quantification (LOQ) pour la phase dissoute varient entre 0.01 µg/L (pour Cd) et 5 µg/L (pour Al et Ba). L'incertitude étendue (correspondant à un intervalle de confiance à 95 %) sur les concentrations varie entre 8 et 20 % selon l'élément.

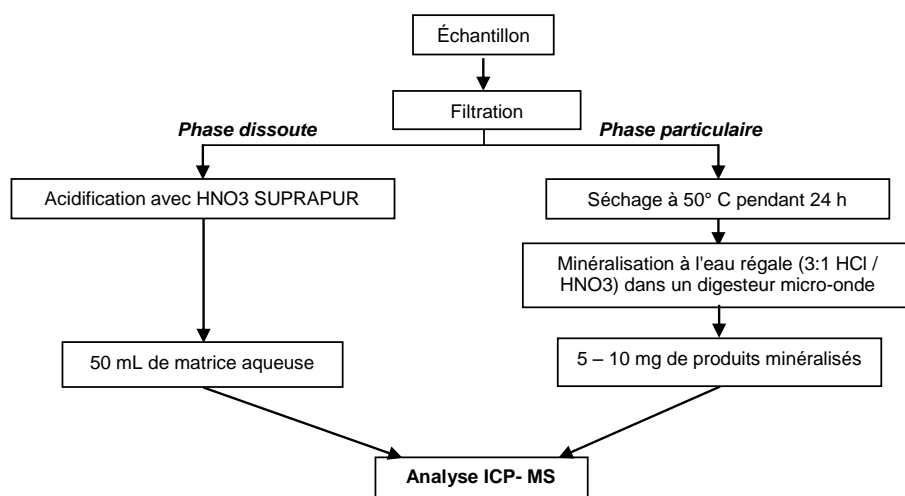


Figure 2. Protocole d'analyse des métaux dans les phases dissoute et particulaire (sauf le mercure)

L'analyse de la fraction dissoute du mercure est réalisée selon la méthode de l'EPA (Environmental Protection Agency) (EPA, 2002). Le protocole analytique est présentée sur la figure 3.

Évaluation des flux de substances prioritaires de la DCE dans les rejets urbains de temps de pluie et les retombées atmosphériques 7

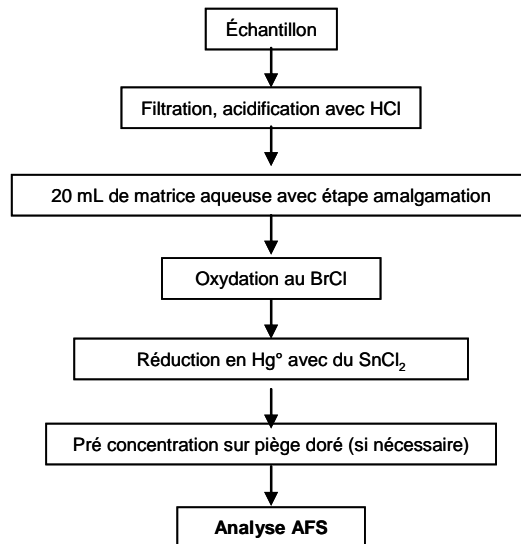


Figure 3. *Protocole d'analyse du mercure dans la phase dissoute*

2.3.2. Analyse des micropolluants organiques

Une méthode multi-résidus par chromatographie couplée à la spectrométrie de masse a été développée et validée pour l'analyse en phase dissoute de 36 composés organiques prioritaires listés dans la DCE (Barrek *et al.*, 2009). Les échantillons sont préalablement filtrés à 0,45 µm sur un filtre en ester de cellulose. La méthode analytique comporte ensuite trois étapes comme indiquées sur la figure 4.

Actuellement, cette technique est en cours de validation pour l'analyse de la phase particulaire. Les filtres des échantillons déjà collectés ont été placés dans des boîtes de Pétri en verre et séchés durant 24 h à 50°C puis conservés au congélateur dans l'attente de la mise au point de la méthode analytique pour la phase particulaire.

Évaluation des flux de substances prioritaires de la DCE dans les rejets urbains de temps de pluie et les retombées atmosphériques 8

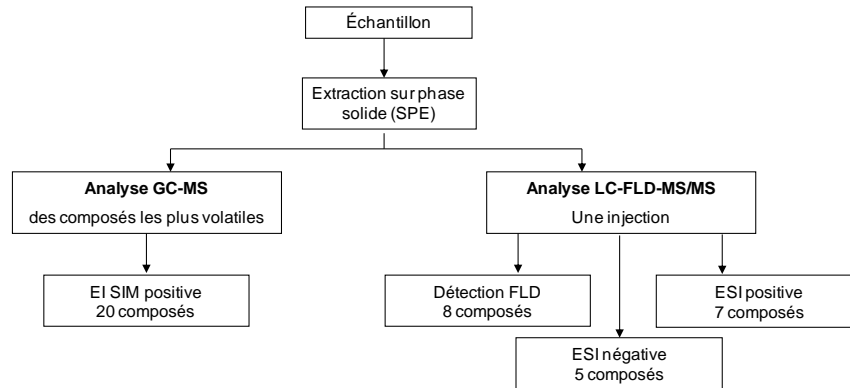


Figure 4. *Protocole analytique des substances organiques en phase dissoute*

3. Résultats et discussions

Cette partie décrit et commente les résultats des campagnes de mesure effectuées de mars à décembre 2008. Les métaux sont analysés séparément en phases particulaire et dissoute ; les résultats sur les substances organiques ne concernent que la phase dissoute.

Les flux de substances sont calculés en utilisant les relations [1], [2] et [3] :

$$F = \frac{M}{S_a} \quad [1]$$

$$M = CME \times Vec \quad [2]$$

$$S_a = S \times \frac{Vec}{V_p} \quad [3]$$

avec F = flux par hectare actif de la substance considérée (g/ha actif), M = masse de la substance (g), S_a = surface active du bassin versant¹ (ha), CME = concentration moyenne événementielle mesurée de la substance considérée (g/L) et Vec = volume écoulé (m³), S = surface totale du bassin versant (ha) et V_p = volume de pluie précipité (m³) sur la surface S .

¹ La surface active moyenne d'un bassin versant est la surface qui contribue effectivement au ruissellement ; elle est généralement inférieure, voire très inférieure, à la surface imperméable du bassin versant, pour les événements pluvieux non exceptionnels, car toutes les surfaces imperméables ne sont pas raccordées au réseau. Elle est déterminée à partir de données expérimentales sur les volumes précipités et les volumes écoulés obtenues pour plusieurs événements pluvieux.

3.1. Les rejets urbains de temps de pluie

3.1.1. Les métaux

La figure 5 représente les concentrations moyennes événementielles (CME) totales, et les maximums et les minimums pour chaque substance. Les CME totales en métaux mesurées diffèrent selon le site. Les CME de cadmium (0.5 µg/L), de plomb (16.2 µg/L) et de nickel (10.9 µg/L) mesurées à Chassieu sont deux fois supérieures à celles mesurées à Ecully (cadmium = 0.2 µg/L, plomb = 11.6 µg/L et nickel = 4.4 µg/L). Quel que soit le métal mesuré, les CME totales mesurées à Chassieu sont plus élevées qu'à Ecully. De plus, on observe une variabilité inter-événementielle importante pour les deux sites, exception faite de quelques métaux comme le cadmium, l'uranium et le zinc. Les variabilités les plus marquées sont observées pour le plomb, l'aluminium et le fer.

Il est à noter que, pour les deux sites, la CME totale mesurée pour le plomb est deux fois supérieure à la norme de qualité environnementale (NQE) fixée pour les eaux de surface (NQE Pb = 7.2 µg/L, concentration totale) (EC, 2008). La directive fille de 2008 fixe des NQE pour les eaux de transition pour 18 métaux uniquement en phase dissoute. En comparant ces NQE aux CME dissoutes mesurées, nous constatons que 7 métaux, à Chassieu, ont des CME dissoutes supérieures à la norme : Ag, Co, Cu, Mo, Ti, V et Zn. Par exemple, la concentration en titane mesurée en phase dissoute est de 11.33 µg/L tandis que la NQE est fixée à 2 µg/L. Sur le site d'Ecully, les concentrations des mêmes métaux, exceptés le cobalt et le molybdène, sont supérieures à la norme. On rappelle toutefois que les RUTP sont généralement dilués dans les milieux aquatiques où ils sont rejetés : cette comparaison entre NQE et CME mesurées à Chassieu et Ecully est donc donnée à titre indicatif.

Évaluation des flux de substances prioritaires de la DCE dans les rejets urbains de temps de pluie et les retombées atmosphériques 10

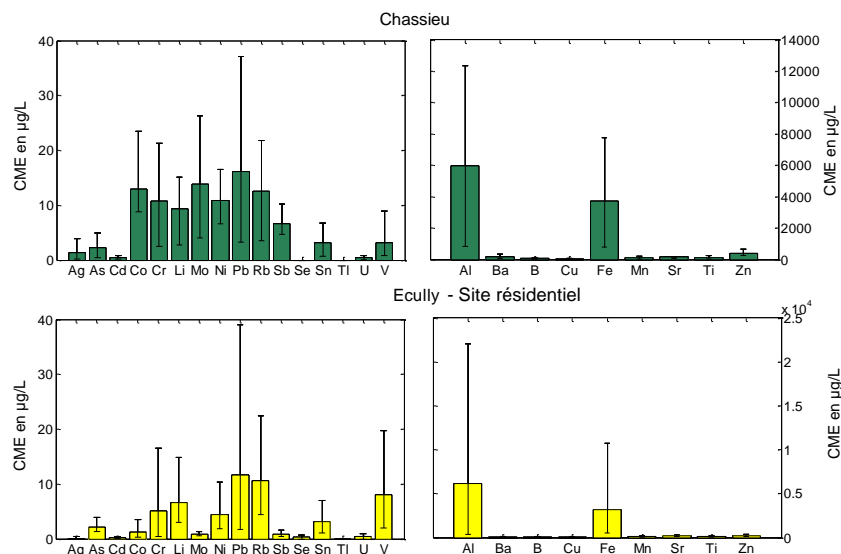


Figure 5. Concentrations moyennes événementielles (CME) totales (dissous + particulaire) (en µg/L) mesurées dans les RUTP à Chassieu (en haut, 4 événements) et à Ecully (en bas, 4 événements)

3.1.2. Les micropolluants organiques

La figure 6 représente les flux moyens, et les maximums et les minimums pour chaque substance. Les flux moyens des produits phytosanitaires à usage non agricole mesurés à Ecully sont plus élevés qu'à Chassieu. Les flux moyens de diuron en phase dissoute mesurés sont de 7.59 mg/ha actif à Ecully et 1.95 mg/ha actif à Chassieu. La même tendance est observée pour les alkylphénols (nonylphénols et para-ter-octylphénols). Ces résultats peuvent s'expliquer par la présence des alkylphénols dans une large gamme de produits industriels (lubrifiants, plastiques) mais surtout domestiques (détergents ménagers, désodorisants et très nombreux autres produits à usage domestique).

Évaluation des flux de substances prioritaires de la DCE dans les rejets urbains de temps de pluie et les retombées atmosphériques 11

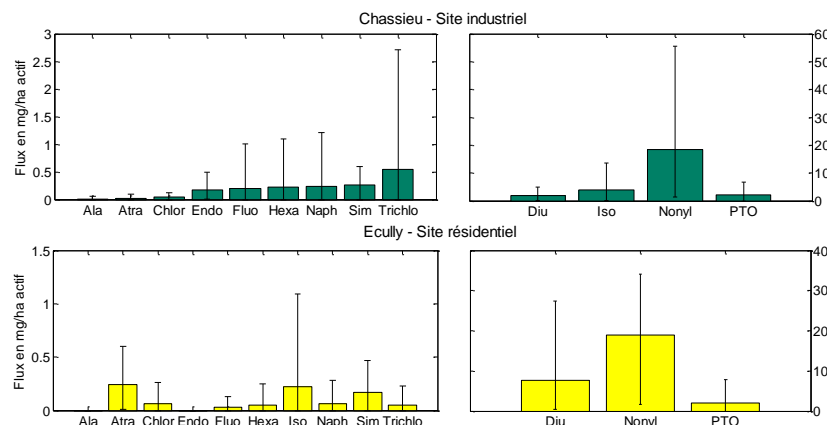


Figure 6. Flux moyens de substances organiques dissoutes (mg/ha actif) à Chassieu et à Ecully pour 5 événements pluvieux (avec Ala =alachlore, Atra = atrazine, Chlor = chlorfenvinphos, Endo = endosulfan A, Fluo = fluoranthène, Hexa = hexachlorobutadiène, Nap = naphthalène, Sim = simazine, Trichlo = 1,2,4-trichlorobenzène, Diu = diuron, Isop = isoproturon, Nonyl = nonylphénol, PTO = para-ter-octylphénol)

Pour un même site, on observe une variabilité inter-événementielle importante. La variabilité des produits phytosanitaires, tels que l'atrazine ou l'endosulfan, est probablement liée en grande partie à leurs périodes d'application. Leur détection dans les échantillons a lieu au moment des périodes d'application. La présence des produits à usage agricole (alachlore ou atrazine) sur le site industriel de Chassieu peut être due à un apport via les retombées atmosphériques sèches et les eaux météoriques des importantes zones agricoles avoisinant le bassin versant.

Sur les 2 sites, les concentrations de nonylphénol et para-ter-octylphénol mesurées en phase dissoute sont significativement plus élevées que les normes de qualité environnementale fixées pour les eaux de transition en phase totale (EC, 2008). Par exemple, la CME en para-ter-octylphénol mesurée dans la phase dissoute uniquement à Ecully est de 136 ng/L alors que la NQE en phase totale est de 1 ng/L.

3.2. Les retombées atmosphériques

3.2.1. Les eaux météoriques

3.2.1.1. Les métaux

Globalement, les concentrations moyennes événementielles des métaux dans les eaux météoriques sont plus élevées à Chassieu qu'à Ecully (résultats non présentés

ici). Le site de Chassieu se situant dans une zone industrielle, il est probable que les activités humaines pratiquées aient une influence locale sur les concentrations en métaux dans les eaux météoriques, ce qui expliquerait les concentrations plus élevées à Chassieu qu'à Ecully.

3.2.1.2. Les micropolluants organiques

La variabilité entre les événements est due en grande partie à la période d'utilisation des produits phytosanitaires. Un enrichissement des concentrations dans les précipitations est observé pour les polluants dont la constante de Henry est faible. D'après Dubus *et al.* (2000), les pesticides sont transportés via l'atmosphère à des distances plus ou moins grandes de leur point d'application en fonction de leur forme d'utilisation (aérosols, granulés, etc.) et de leurs propriétés physico-chimiques. Les substances détectées dans les eaux météoriques à Chassieu, pour l'événement du 28 avril 2008, sont des produits à usage agricole (alachlore, atrazine, isoproturon) (figure 7), pouvant provenir (mais pas exclusivement) des parcelles agricoles exploitées à proximité du site de Chassieu. Nos observations corroborent également celles de Scheyer (2004) qui montrent, par ailleurs, une variation saisonnière des concentrations de pesticides dans les eaux météoriques.

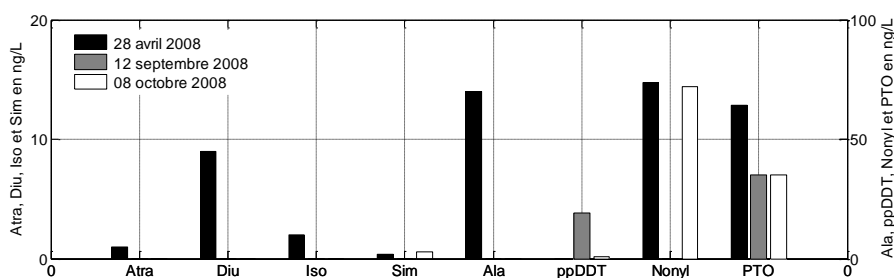


Figure 7. Concentrations moyennes événementielles dissoutes (en ng/L) à Chassieu pour 3 événements pluvieux (avec Atra = atrazine, Diu = diuron, Iso = isoproturon, Sim = simazine, Ala = alachlore, Nonyl = nonylphénol, PTO = para-ter-octylphénol)

3.2.2. Les retombées sèches

3.2.2.1. Les métaux

A l'exception de l'étain (Sn) et de l'antimoine (Sb), les concentrations massiques mesurées sont plus élevées à Chassieu qu'à Ecully (figure 8). Par exemple, les concentrations massiques en nickel et plomb sont respectivement de 42 et 449 $\mu\text{g/g}$ à Chassieu, et de 33 et 275 $\mu\text{g/g}$ à Ecully. Les activités locales semblent avoir une influence significative sur les concentrations en métaux dans les retombées atmosphériques sèches. Des observations similaires sont rapportées dans l'étude de

Azimi (2004) sur le transfert atmosphériques des métaux traces (Cd, Cu, Cr, Ni, Pb et Zn). Cependant, les modalités d'échantillonnage appliquées par Azimi sont légèrement différentes de celles de notre étude et les comparaisons doivent donc être interprétées avec précaution.

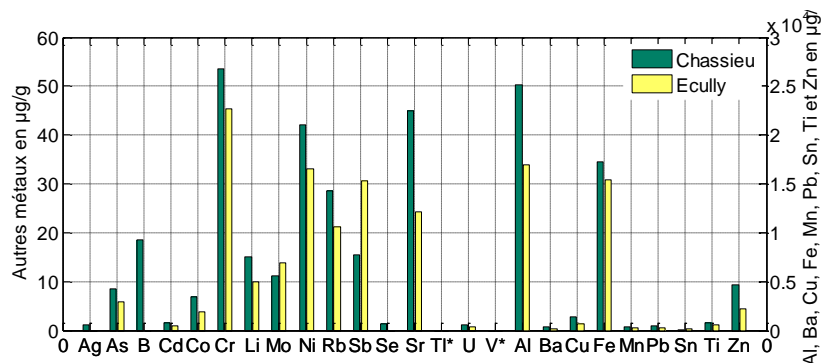


Figure 8. Concentrations massiques en métaux des retombées atmosphériques sèches collectées pendant 3 semaines du 17/03/08 au 7/04/08 à Chassieu et à Ecully. Le symbole étoilé indique que la substance n'a pas été quantifiée dans les échantillons.

3.2.2.2. Les micropolluants organiques

Les pesticides transportés via les retombées sèches sont caractérisés par une solubilité faible, une volatilité élevée et un coefficient de partage Koc fort (absorbance aux particules). Les CME en diuron, isoproturon et nonylphénol dans la phase dissoute (cette phase dissoute correspond aux polluants initialement fixés sur les retombées sèches qui passent en solution lors de la collecte des échantillons qui sont recueillis par rinçage du bac des retombées sèches à l'eau déminéralisée) estimées sur une période de 3 semaines de collecte à Chassieu sont nettement supérieures à celles mesurées à Ecully (figure 9). On observe une variabilité entre les périodes de collecte. Les CME de produits phytosanitaires estimées pour la période du 30 septembre au 7 octobre 2008 et du 12 novembre au 3 décembre sont plus faibles que celles évaluées pour la période du 18 mars au 7 avril 2008. Ceci peut être expliqué par les conditions météorologiques (direction et vitesse moyenne du vent, température) mais également par les périodes d'application.

Évaluation des flux de substances prioritaires de la DCE dans les rejets urbains de temps de pluie et les retombées atmosphériques 14

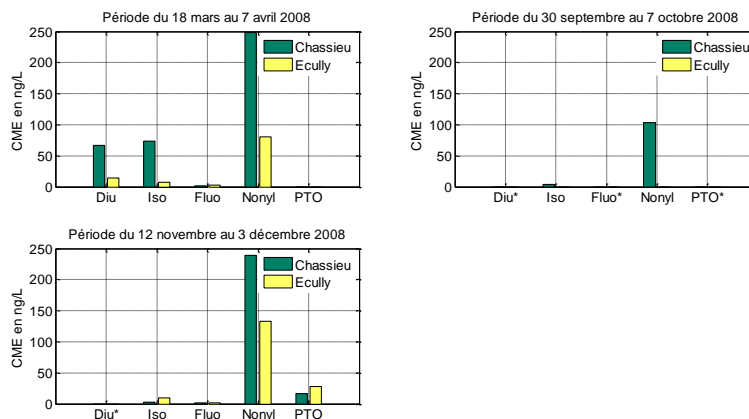


Figure 9. Concentrations moyennes événementielles (CME) dissoutes (en ng/L) mesurées dans les retombées atmosphériques sèches à Chassieu et à Ecully sur une période de 3 semaines. Le symbole étoilé indique que la substance n'a pas été quantifiée dans les échantillons (avec Diu = diuron, Iso = isoproturon, Fluo = fluoranthène, Nonyl = nonylphénol et PTO = para-ter-octylphénol)

4. Conclusion

Le programme de recherche ESPRIT a débuté en mars 2007. Deux sites expérimentaux ont été instrumentés : Chassieu (site industriel – réseau séparatif pluvial) et Ecully (zone résidentielle – réseau unitaire), pour l'évaluation des concentrations et des flux des substances prioritaires de la Directive Cadre européenne sur l'Eau dans les rejets urbains de temps de pluie, les retombées atmosphériques sèches et les eaux météoriques.

Début 2009, 20 campagnes de RUTP ont été réalisées sur les deux sites, 24 campagnes d'eaux météoriques et 20 campagnes de retombées atmosphériques sèches. Les résultats actuellement validés ont été présentés brièvement dans cet article. Ils permettent de faire les premières observations suivantes :

- 25 métaux ont été quantifiés dans les phases dissoute et particulaire ; huit polluants organiques ont été détectés en phase dissoute sur les 36 recherchés, à l'exception de quelques événements pluvieux (par exemple, pour l'événement du 10 juin 2008 à Chassieu, 19 polluants organiques ont été détectés) ;

- la variabilité inter-site et inter-événementielle des flux totaux (dissous + particulaire) de métaux et des flux en phase dissoute des substances organiques est significative. Il en est de même pour la variabilité des concentrations moyennes, quel que soit le type d'échantillon (RUTP, eaux météoriques et retombées atmosphériques sèches) ;

Évaluation des flux de substances prioritaires de la DCE dans les rejets urbains de temps de pluie et les retombées atmosphériques 15

- pour les 2 sites, les CME totales mesurées pour le plomb sont significativement supérieures à la norme de qualité environnementale fixée pour les eaux de surface dans la directive de 2008.

Au vu de la grande variabilité des résultats, il apparaît indispensable d'effectuer des campagnes de mesure supplémentaires afin de pouvoir estimer des flux annuels avec une incertitude acceptable.

Les prochaines campagnes prévues sur l'ensemble de l'année 2009 permettront de confirmer nos premières conclusions et d'estimer l'apport de chaque compartiment (retombées atmosphériques sèches, eaux météoriques, eaux usées, eaux de ruissellement) dans les flux totaux de substances prioritaires à l'aval des bassins versants. Le projet ESPRIT abordera également la caractérisation et la modélisation des flux de substances prioritaires dans les rejets urbains de temps de pluie.

Remerciements

Ce travail a été réalisé dans le cadre de l'action de recherche ESPRIT du projet RHODANOS du pôle de compétitivité Axelera « Chimie Environnement ». Les partenaires sont : INSA Lyon (coordinateur), Cemagref-Lyon, SCA-CNRS, CIRSEE-Suez Environnement, SDEI-Lyonnaise des Eaux et le Grand Lyon. Le projet est financé par la Région Rhône-Alpes, le Grand Lyon, le FCE - Fonds de Compétitivité des Entreprises, Suez Environnement et l'ANRT. Nous remercions L. Dherret du Cemagref de Lyon pour les analyses de métaux et L. Wiest et R. Baudot du SCA-CNRS pour l'analyse des substances organiques. Site internet du projet : www.esprit-rhodanos.fr.

5. Bibliographie

- Azimi S. « Sources, flux et bilan des retombées atmosphériques de métaux en Île-de-France ». Thèse de doctorat : Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Paris, 2004, 273 p. + annexes.
- Barrek S., Cren-Olivé C, Wiest L, Baudot R, Arnaudguilhem C, Grenier-Loustalot M.-F. «Multi-Residue analysis and ultra-trace quantification of 36 priority substances from the European Water Framework Directive by GC-MS and LC-FLD-MS/MS in surface waters». *Talanta*, 2009, soumis pour publication.
- Chocat B., Bertrand-Krajewski J.-L., Barraud S. «Les eaux pluviales urbaines et les rejets urbains de temps de pluie». *Les Techniques de l'Ingénieur*, article W 6 800, août 2007, 17 p. + annexes.
- Dembélé A., Becouze C., Bertrand-Krajewski J.-L., Barillon B., Coquery M., Cren-Olivé C. «Prototype de collecte des retombées atmosphériques sèches et humides : description du dispositif, mode de fonctionnement et premiers résultats pour les métaux dissous». *Actes des JDHU 2008 – 3^e Journées Doctorales en Hydrologie Urbaine*, Nancy, France, 14-15 octobre 2008, 95-102.

Évaluation des flux de substances prioritaires de la DCE dans les rejets urbains de temps de pluie et les retombées atmosphériques 16

- EC. Directive 2000/60/CE du Parlement Européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau. JO L 327 du 22.12.2000, 1-73.
- EC. Directive 2008/105/CE du Parlement Européen et du Conseil du 16 décembre 2008 établissant des normes de qualité environnementale dans le domaine de l'eau, modifiant et abrogeant les directives du Conseil 82/176/CEE, 85/513/CEE, 84/156/CEE, 84/491/CEE, 86/280/CEE et modifiant la directive 2000/60/CE. JO L 348 du 24.12.2008, 84-97.
- EPA. "Method 1631E: Mercury in Water by Oxidation, Purge and Trap, and CVAFS". U.S. EPA Office of Water, Office of Science and Technology, Engineering and Analysis Division, September 2002.
- Dubus I.G., Hollis J.M., Brown C.D. «Pesticides in rainfall in Europe». *Environmental Pollution*, 110, 331-344.
- IFEN. « Les synthèses Ifen – Édition 2006 ». Paris (France) : IFEN – Institut Français de l'Environnement, 2006, 193–234.
- ISO. « Norme NF EN ISO 11885 - Qualité de l'eau -- Dosage d'éléments choisis par spectroscopie d'émission optique avec plasma induit par haute fréquence (ICP-OES) ». Genève (Suisse): ISO, 2007.
- Kafi-Benyahia M. « Variabilité spatiale des caractéristiques et des origines des polluants de temps de pluie dans le réseau d'assainissement unitaire parisien ». Thèse de doctorat. École Nationale des Ponts et Chaussées, Marne-la-Vallée, 2006, 500 p.
- Scheyer A. « Développement d'une méthode d'analyse par CPG/MS/MS de 27 pesticides identifiés dans les phases gazeuse, particulaire et liquide de l'atmosphère. Application à l'étude des variations spatio-temporelles des concentrations dans l'air et dans les eaux de pluie ». Thèse de Doctorat, Université Louis Pasteur de Strasbourg, novembre 2004, 208 p.