HAL open science

SOURCES DE MICROPOLLUANTS DANS LES EAUX URBAINES

Catherine Gounou, Koffi Amedzro, Gilles Varrault, Stéphane Garnaud, Ghassan Chebbo

To cite this version:

Catherine Gounou, Koffi Amedzro, Gilles Varrault, Stéphane Garnaud, Ghassan Chebbo. SOURCES DE MICROPOLLUANTS DANS LES EAUX URBAINES. 17èmes Journées Scientifiques de l'Environnement: le citoyen, la ville et l'environnement, May 2006, Créteil, France. hal-00184186

HAL Id: hal-00184186

https://hal.science/hal-00184186

Submitted on 30 Oct 2007

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

SOURCES DE MICROPOLLUANTS DANS LES EAUX URBAINES

Catherine GOUNOU, Koffi AMEDZRO, Gilles VARRAULT, Stéphane GARNAUD & Ghassan CHEBBO, *CEREVE, UMR-MA 102*
(Université Paris-Est, AgroParisTech-ENGREF),
6 et 8 av. Blaise Pascal, Cité Descartes, 77455 Marne la Vallée Cedex 2.
Tél : 01.45.17.16.25. Fax : 01.45.17.16.27.
Courriel : gounou@univ-paris12.fr, varrault@univ-paris12.fr, *&*
chebbo@cereve.enpc.fr

Résumé

Les eaux du réseau d'assainissement unitaire de Paris sont chargées en micropolluants et plus particulièrement en Eléments Trace Métalliques (ETM). Lors d'évènements pluvieux particulièrement intenses, ces ETM contenus dans les Rejets Urbains de Temps de Pluie (RUTP) et véhiculés par différentes Voies d'Introduction dans le Réseau d'Assainissement (VIRA), peuvent ne pas être traités en station d'épuration. Ils se retrouvent alors dans le milieu naturel, où ils exercent leurs effets toxiques sur les organismes vivants.

Afin de répondre à la directive cadre européenne (2000/60/EU) qui prévoit un bon état écologique du milieu naturel d'ici 2015, il est nécessaire de réduire leurs rejets, ce qui implique de connaître précisément leurs sources.
L'objectif de ce travail a donc été de caractériser les différentes VIRA dans l'optique future de déterminer précisément chacune des sources primaires d'ETM.

La caractérisation des différentes VIRA a été réalisée par la recherche de signatures spécifiques ou traceurs métalliques. Les VIRA suivantes ont été échantillonnées : ruissellements de toitures, ruissellements de chaussées, eaux usées de temps sec et dépôts du réseau remis en suspension lors des évènements pluvieux. La recherche de ces traceurs a été rendue possible par l'analyse simultanée de 50 éléments métalliques par spectrométrie d'émission atomique (ICP-AES). Il en résulte que toutes les VIRA peuvent être discriminées qualitativement par un ou plusieurs éléments. Néanmoins, il semble difficile, compte-tenus des premiers résultats de considérer l'aspect quantitatif dû à la variabilité spatio-temporelle insuffisamment prise en compte. Aussi est-il nécessaire de continuer à échantillonner et caractériser ces différentes VIRA avant de pouvoir caractériser et quantifier précisément les sources primaires d'ETM.

1. Introduction

Le réseau d'assainissement de Paris est un réseau unitaire qui reçoit à la fois les eaux usées et les eaux pluviales. Les eaux du réseau sont particulièrement chargées en micropolluants et notamment en Eléments Traces Métalliques (ETM) (Gromaire-Mertz 1998; Gromaire et al. 2001; Rocher 2003).Ces micropolluants sont apportés par différentes voies appelées Voies d'Introduction dans le Réseau d'Assainissement (VIRA) qui sont deux types : les VIRA de

temps de pluie qui comprennent les ruissellements de toitures et les ruissellements de chaussées et les VIRA de temps sec qui comprennent les effluents industriels et domestiques et le lavage des chaussées. Le réseau d'assainissement étant unitaire, il est entendu que les eaux de VIRA de temps sec se retrouvent mélangées aux eaux de VIRA de temps de pluie.

Ces ETM sont issus de sources primaires tels que le trafic routier, la composition des toitures ou encore les produits cosmétiques (Miquel 2001).

En outre, lors des évènements pluvieux, les dépôts du réseau d'assainissement remis en suspension par le débit élevé des eaux constituent une autre VIRA d'ETM.

Généralement les eaux du réseau d'assainissement sont traitées en station d'épuration (STEP) avant d'être rejetés dans le milieu naturel. Or, par temps de pluie, une partie de ces eaux, appelée Rejets Urbains de Temps de Pluie (RUTP) est rejetée directement dans le milieu naturel par l'intermédiaire des déversoirs d'orage sans avoir été traitées en STEP.

Les ETM se retrouvent donc dans le milieu naturel où ils peuvent exercer leurs effets toxiques sur les organismes vivants par bioaccumulation, selon leur concentration et leur spéciation.

Afin de répondre à la directive cadre européenne (2000/60/EU) qui prévoit d'ici 2015 un bon état écologique du milieu naturel, il est important de réduire les rejets d'ETM, ce qui nécessite de connaître précisément leurs sources d'émission.

L'objectif final de notre étude est donc d'estimer la contribution des sources primaires aux teneurs en ETM dans les RUTP. Dans une première étape, nous avons tenté d'estimer la contribution des différentes VIRA en ETM dans les RUTP.

Ce travail s'intègre dans le cadre du programme OPUR (Observatoire des Polluants Urbains) mené par le CEREVE et dont les objectifs sont notamment de caractériser et quantifier les sources de micropolluants tels que les ETM.

2. Matériel et méthodes

2.1 Echantillonnage des différentes VIRA

Toutes les VIRA ont été échantillonnés dans différents bassins versants de la zone d'étude d'OPUR.

- **Ruissellements de toitures**

Les ruissellements de deux types de toiture, zinc (surface drainée de 45m²) et ardoise (surface drainée de 70 m²), ont été prélevés dans le quartier du Marais (4ème arrondissement) durant quatre campagnes d'échantillonnage. Les échantillons ont été collectés dans des flacons en plastique en sortie de gouttière.

- **Ruissellements de chaussées**

Quatre rues différentes dans le quartier du Marais ont été étudiées. Ces rues sont caractérisées par un trafic modéré voire faible. Les échantillons ont été collectés de façon ponctuelle directement à l'avaloir lors de deux ou trois campagnes.

- **Eaux usées de temps sec (industrielles et domestiques)**

Ces eaux ont été échantillonnées au niveau du collecteur de Clichy Aval. Ce collecteur rassemble toutes les eaux du bassin versant de Clichy Aval dont la superficie est de 2311 ha

et constitue donc le plus grand bassin versant de Paris. Les eaux collectées sont donc très représentatives des eaux usées rejetées par les industries et les particuliers. Les échantillons ont été collectés grâce à un préleveur automatique asservi au débit. Des échantillons moyens 24h et moyens par tranches horaires (1h-4h, 4h-8h, 8h-18h, 18h-1h) ont été analysés.

- **Eaux de lavage de chaussées**

Les eaux de lavage de chaussées (trottoir+rue) ont été prélevées dans quatre rues différentes du quartier du Marais. Le lavage de la chaussée a été effectué par les agents de nettoyage du service environnement de la mairie de Paris selon leur méthode habituelle. Il s'agit d'un lavage au jet sous pression effectué par des arroseuses laveuses équipées de jets d'eau. L'eau utilisée, prélevée aux bornes fontaines, est de l'eau de Seine filtrée. La vitesse moyenne du véhicule est estimée à 2 $km.h^{-1}$ (Garnaud 1999). De plus, les eaux de lavage d'un marché, avenue d'Italie (13ème arrondissement), ont également été prélevées car elles peuvent constituer une VIRA non négligeable d'ETM dans le réseau d'assainissement. Tous les échantillons ont été collectés de façon ponctuelle et manuelle au niveau des avaloirs.

- **Dépôts du réseau**

Les ETM du dépôt grossier et de la couche organique ont été étudiés. Ces dépôts ont été prélevés au niveau de différents collecteurs caractérisés par de faibles vitesses d'écoulement et de faible pente. Cinq campagnes de prélèvement ponctuel ont été réalisées et chacun en triplicat.

Figure 1 : Différents types de dépôts dans le réseau d'assainissement.

2.2 Analyse et traitement des échantillons

Après collecte, les échantillons ont été traités et analysés en salle blanche (classe 10000) afin d'éviter toute contamination métallique. Les échantillons ont été minéralisés par digestion micro-ondes et dont le protocole a été validé (Gounou 2004). Pour ce faire, 25 mL d'échantillon ont été mélangés à de l'eau régale (1mL HNO_3 (65% Normapur) + 1,5 mL d'HCl (40 %, Normapur)). La minéralisation permet de déterminer la concentration en ETM totaux (dissous + particulaires).

Ensuite, les échantillons sont analysés par spectrométrie d'émission atomique (ICP-AES, Varian). Cette technique nous a permis d'analyser simultanément 23 éléments.

2.3 Choix des marqueurs métalliques

L'objectif de cette étude étant de caractériser les VIRA, il nous faut choisir des marqueurs métalliques permettant de discriminer les différentes VIRA entre elles.

Afin de pouvoir comparer les signatures métalliques entre les différents échantillons, nous avons choisi de travailler en distribution et non en concentration d'ETM afin de nous affranchir des effets de dilution liés aux volumes d'eau utilisés lors du lavage des rues mais aussi aux volumes d'eau précipités.

Cette distribution est calculée de la façon suivante :

$$\mathbf{Xi\ (\%) = (Ci/\Sigma_{i=1\ à\ n}Ci) *100}$$

Avec:

- Xi (%), la distribution en % de l'élément métallique i dans l'échantillon considéré
- Ci, la concentration totale en $\mu g.L^{-1}$ dans l'échantillon considéré
- $\Sigma_{i=1\ à\ n}Ci$, la somme des concentrations des n métaux étudiés dans l'échantillon considéré

Afin qu'un métal puisse être utilisé comme traceur d'une ou plusieurs VIRA, il faut que tous les échantillons appartenant à une VIRA présentent des distributions inférieures ou supérieures à l'ensemble de tous les échantillons appartenant à une autre VIRA.

3. Résultats et discussions

3.1 Cadmium

Le cadmium permet de distinguer deux groupes de VIRA (Figure 2) :

- Groupe 1 : Ruissellement de Toiture (RT), Ruissellement de Chaussées (RC), Lavage de Chaussées (LC) –Rues du 4ème arrondissement et les dépôts
- Groupe 2 : LC – marché et Eaux Usées de Temps Sec (EUTS).

Les écarts de distribution entre ces deux groupes varient en effet d'un rapport compris entre 2 et 10.

On peut remarquer que le cadmium permet de distinguer les eaux de lavage de chaussées d'une part et du marché d'autre part. Ceci provient probablement du fait que pour le marché, seul le trottoir a été lavé alors que dans le 4ème arrondissement, les rues et les trottoirs ont été nettoyés. Il est probable que la circulation automobile soit une source importante de métaux et notamment de cadmium. Ainsi, le fait de ne laver que le trottoir et non la chaussée (comme c'est le cas pour le marché) produit des eaux de lavage beaucoup moins riches en cadmium.

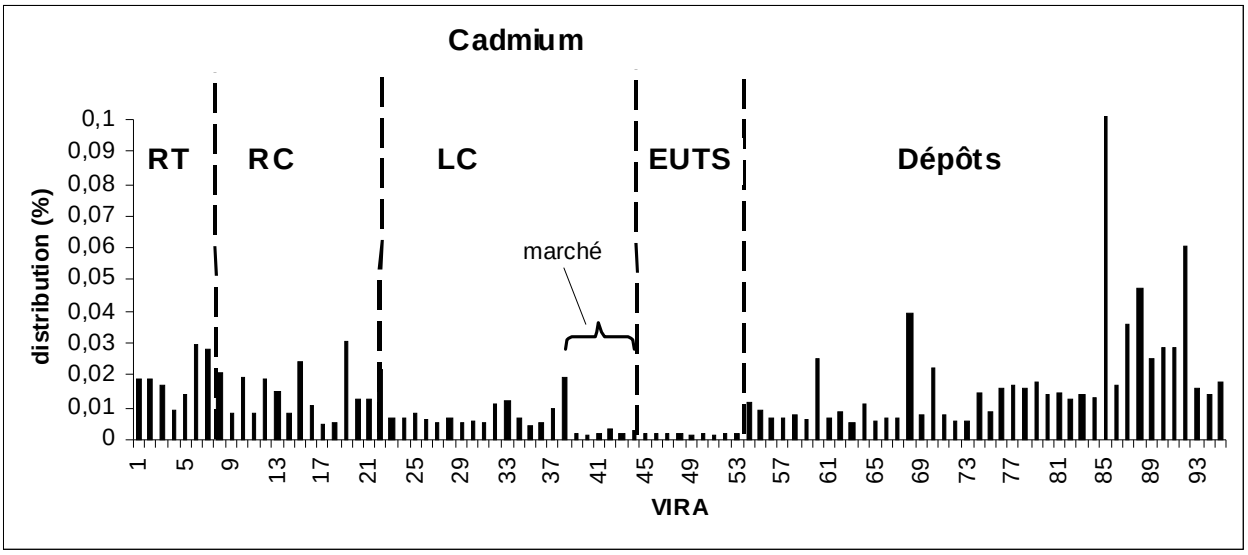

Figure 2 : Distribution en cadmium dans les échantillons des différentes VIRA.

3.2 Fer

Les distributions en fer sont très variables d'une VIRA à l'autre (Figure 3) puisqu'elles sont de l'ordre du pour-cent pour les EUTS, de l'ordre de 10% pour les RT et plutôt de l'ordre de 30% pour les dépôts, LC et RC. Le fer permet donc de distinguer les EUTS des autres VIRA, le facteur de discrimination entre ces deux groupes variant entre 10 et 30.

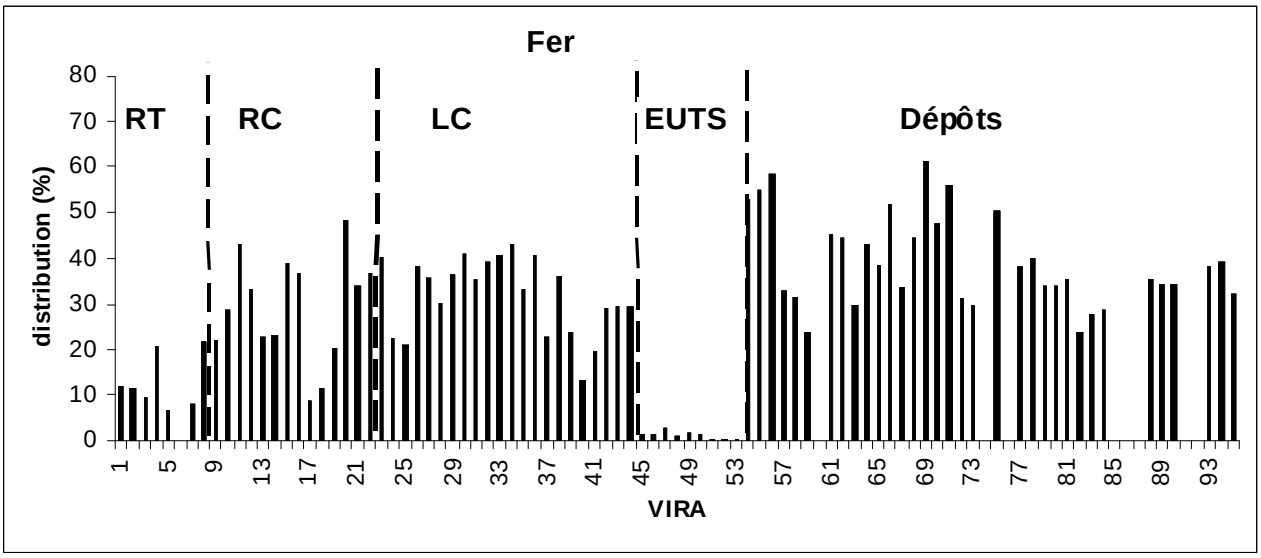

Figure 3 : Distribution en fer dans les échantillons des différentes VIRA.

3.3 Sodium

Les distributions en sodium entre les différentes VIRA sont très variables. En effet, une distribution importante, de l'ordre de 80 %, est observée dans les EUTS (Figure 4). Les distributions moyennes dans les RC et les LC dont de l'ordre de 40 % et celles observées dans les RT et les dépôts du réseau sont en moyenne de 5 %. Le sodium permettrait donc de distinguer trois groupes de VIRA en considérant les distributions moyennes. Cependant, on

observe une très grande variabilité de distribution entre les échantillons d'une même VIRA. Ainsi, la distribution en Na dans les LC varie de10 à 70 %, ce qui se recoupe avec des distributions d'échantillons des deux autres groupes de VIRA. Le sodium permet donc de distinguer deux groupes de VIRA : d'une part les EUTS et d'autre part les RT et les dépôts. Il existe en effet un facteur compris entre 8 et 10 entre ces deux groupes de VIRA.

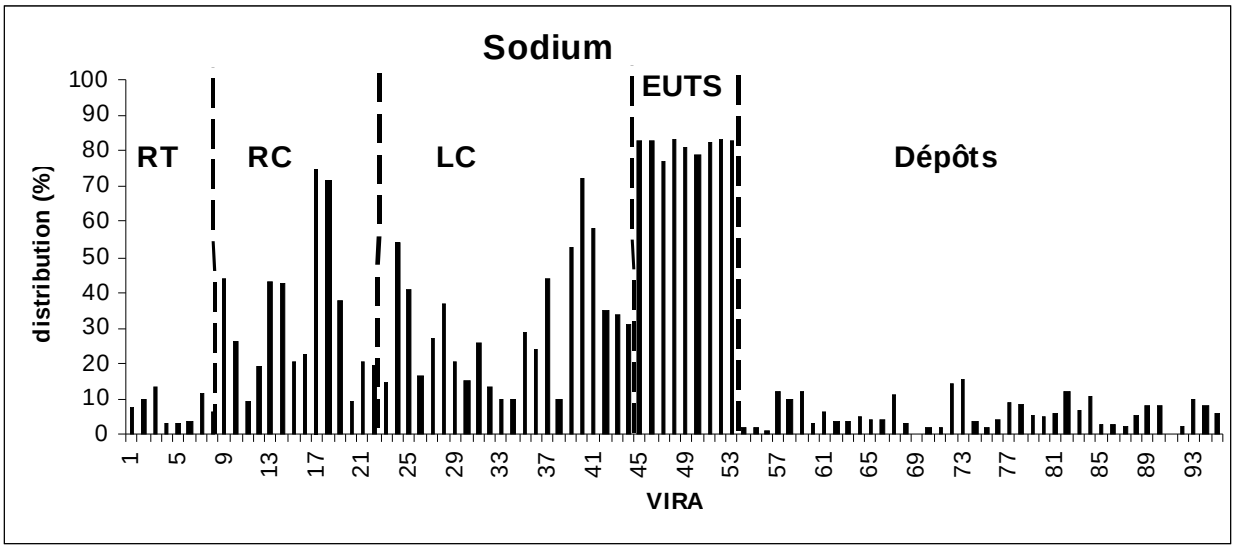

Figure 4 : Distribution en sodium dans les échantillons des différentes VIRA.

3.4 Cobalt

Le cobalt permet de distinguer les EUTS des autres VIRA bien que les distributions soient très faibles (Figure 5). En effet, la distribution entre ces deux groupes varie d'un facteur compris entre 10 et 30.

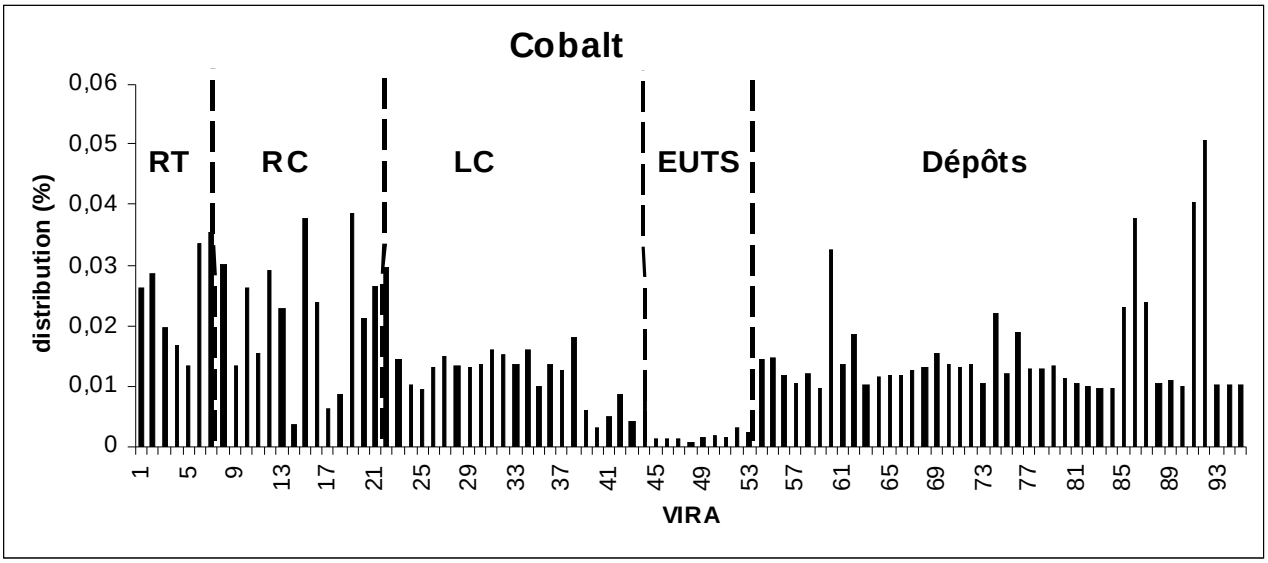

Figure 5 : Distribution en cobalt dans les échantillons des différentes VIRA.

3.5 Baryum

De même que le fer, le baryum permet de distinguer les RT (faible distribution) des dépôts (forte distribution) (Figure 6).

Le baryum permet également de distinguer les EUTS (distributions faibles) des LC et des dépôts (distribution plus importante).

Comme dans le cas du cadmium, on peut remarquer que le baryum permet de discriminer les eaux de lavage des rues des eaux de lavage du marché. On peut donc supposer que le baryum est également issu du trafic automobile et se retrouve donc préférentiellement sur les chaussées.

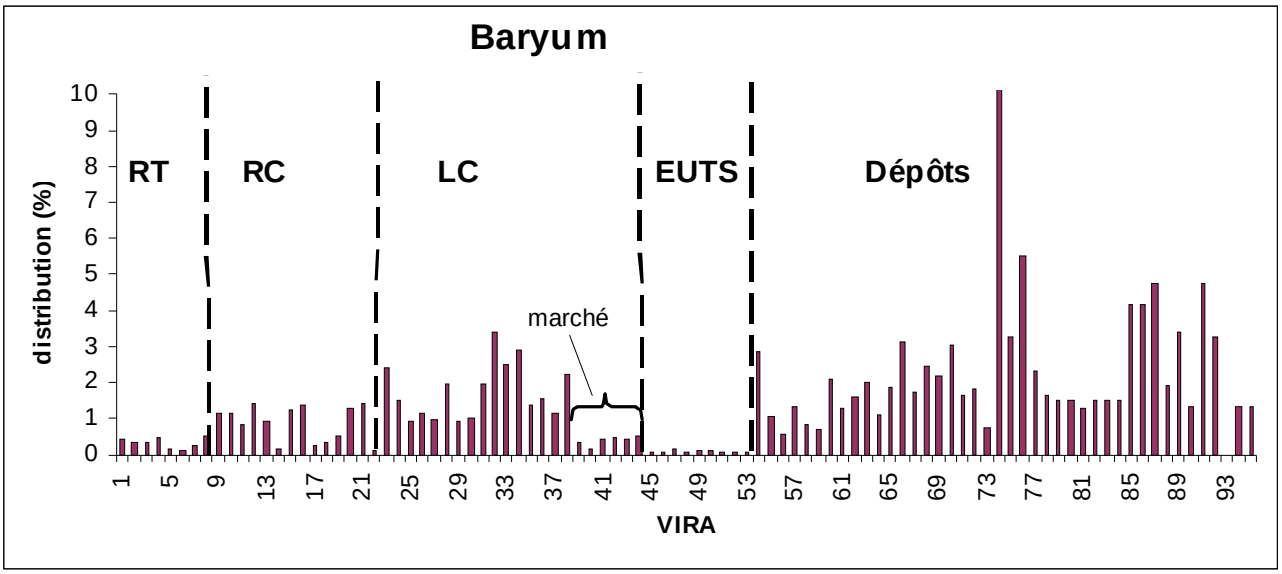

Figure 6 : Distribution en baryum dans les échantillons des différentes VIRA.

3.6 Discrimination des différentes VIRA par approche qualitative

L'étude de la distribution en ETM nous a permis de montrer qu'il était possible de discriminer les différentes VIRA à l'aide d'un ou plusieurs ETM de façon qualitative. L'ensemble des différentes VIRA ainsi que les ETM permettant de les discriminer sont résumés dans le tableau 1.

	RT (zinc)	RT (ardoise)	RC	LC (rues)	LC (marché)	EUTS	Dépôts
RT (zinc)	/	Zn, Cu	Zn	Zn	Cd, Zn	Cd, Fe, Na,Co, Zn,	Fe, Ba, Cu, Zn
RT (ardoise)		/	Cu	Cu, Zn	Cd,Cu	Cd,Fe,Na,Cu,Co,Zn	Fe, Ba, Zn
RC			/	aucun traceur	Cd	Cd, Fe, Na,Co,Zn	Cu
LC(rues)				/	Cd,Zn, Ba	Cd,Fe,Na,Co,Zn,Ba	Cu
LC (marché)					/	Fe, Na,Co,Zn, Ba	Cd,Cu, Zn
EUTS						/	Cd,Fe,Na,Cu,Co,Zn, Ba
Dépôts							/

Tableau 1 : Synthèse des traceurs métalliques permettant de discriminer les différentes VIRA.

Il est à noter que nous avons distingué les RT en zinc et en ardoise ainsi que les LC rues et chaussées puisque certains ETM permettent de discriminer les différents types de toiture ainsi que les différents types de LC. On peut remarque que, d'un point de vue qualitatif toutes les VIRA peuvent être distinguées par un ou plusieurs traceurs. Seuls les LC (rues) et les RC ne peuvent être séparés, ce qui semble normal compte-tenu du fait qu'il s'agit des mêmes rues à la différence près que dans un cas les chaussées sont lavées par de l'eau de Seine filtrée (LC) et dans l'autre par les précipitations (RC). La plus grande partie des ETM provient donc de la même « source », à savoir la chaussée.

4. Conclusion

Le but de notre travail était de discriminer les différentes VIRA en recherchant des traceurs métalliques caractéristiques afin de pouvoir, à long terme, quantifier la contribution en ETM des sources primaires dans les rejets urbains de temps de pluie.

Pour ce faire, de nombreux échantillons issus des différentes VIRA alimentant le réseau d'assainissement unitaire de Paris et donc les RUTP ont été collectés :

- ruissellements de toitures,
- ruissellements de chaussées,
- eaux usées de temps secs (industrielles et domestiques),
- lavage de chaussées.

Les dépôts du réseau ont également été étudiés car ils sont remis en suspension lors des évènements pluvieux et participent donc à la contamination en ETM des RUTP.

Après analyse d'une vingtaine d'ETM totaux (dissous + particulaires) par spectrométrie d'émission atomique, il en résulte que toutes les VIRA peuvent être discriminées par un ou plusieurs ETM et ceci de façon qualitative.

Cependant, il est apparu de grandes variabilités spatio-temporelles à l'intérieur d'une même VIRA. Aussi sera-t-il nécessaire de continuer à échantillonner un très grand nombre de VIRA de façon à confirmer les premières tendances de discrimination observées.

Par ailleurs, afin de pouvoir réaliser des études quantitatives pour arriver à terme à discriminer les sources primaires d'ETM et les quantifier, une étude de la variabilité spatio-temporelle doit être entreprise pour vérifier que celle-ci soit très inférieure entre les VIRA à celle observée entre les échantillons d'une même VIRA.

Bibliographie

Garnaud, S. (1999). Transfert et évolution géochimique de la pollution métallique en bassin versant, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées: 396 p et annexes.

Gounou, C. (2004). Caractérisation des sources d'éléments traces métalliques dans le réseau d'assainissement de Paris, DEA Sciences et Techniques de l'Environnement, Université Paris XII-Val de Marne: 64 p. et annexes.

Gromaire, M. C., Garnaud, S., Saad, M. et Chebbo, G. (2001). Contribution of different sources to the pollution of wet weather flows in combined sewers. Water Research 35(2): 521-533.

Gromaire-Mertz, M.-C. (1998). La pollution des eaux pluviales urbaines en réseau d'assainissement unitaire, caractéristiques et origines, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées: 506 p. et annexes.

Miquel, G. (2001). Rapport sur les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé, Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques: 360 p.

Rocher, V. (2003). Introduction et stockage des hydrocarbures et des éléments métalliques dans le réseau d'assainissement unitaire parisien, Université Paris XII - Val de Marne: 222 p. et annexes.

JSE-Gounou-2006-09-05.doc