

Transfert hydrique des perturbateurs endocriniens dans le bassin de la Seine : exemple des phtalates

Participants : Blanchard M.¹, Teil M-J., Dagnat C., Ollivon D., Tiphagne K., Desportes A. et Chevreuil M.

*Laboratoire Hydrologie et Environnement – Ecole Pratique des Hautes Etudes,
UMR Sisyphe 7619, Université Pierre et Marie Curie, Paris
E-mail : Martine.Blanchard@ccr.jussieu.fr*

Transfert hydrique des perturbateurs endocriniens dans le bassin de la Seine : exemple des phtalates..	1
1. Introduction	1
2. Matériels et Méthodes	2
2.1. Sites de prélèvement.....	2
2.2. Extraction et dosage	2
3. Résultats et Discussion.....	3
3.1. Evolution spatio-temporelle de la contamination selon les conditions hydrologiques.....	3
3.2. Evolution annuelle des phtalates dans la Seine à Paris en 2004.....	4
3.2.1 Evolution au cours de l'année 2004	4
3.2.2 Evolution au cours de la crue de 2004.....	6
3.3. Bilan annuel des transferts de phalates en Seine à Paris	7
3.4. Retombées atmosphériques totales.....	9
3.5. Comparaison entre les transferts par la Seine et par les retombées atmosphériques.....	10
4. Conclusions et perspectives.....	11
5. Références	11

1. Introduction

La qualité de l'environnement est déterminée par le niveau de présence de contaminants liés à l'activité anthropique. A l'heure actuelle, on dénombre 5000 substances dangereuses libérées dans l'environnement qui sont définies selon 3 critères : leur persistance, leur capacité de bioaccumulation et leur toxicité (Marchand et Chaussepied, 2005). Diverses stratégies pour contrôler la qualité des milieux sont développées selon différents programmes nationaux (PNETOX), européens (NORMAN) ou mondiaux (UNEP) et en conséquence, la législation est en évolution permanente. Actuellement, des contaminants émergents focalisent l'attention en particulier, les alkylphénols (agents de nettoyage et surfactants) et les éthoxylates d'alkylphénols (agents de nettoyage des textiles et tapisseries) qui entraînent des effets œstrogéniques chez le Poisson (Jobling et al., 1996), les polybromodiphényles éthers employés comme retardateurs de flamme, sont également concernés, notamment les congénères 47, 99 et 209, rencontrés dans les matières en suspension et les sédiments (de Witt et al., 2002), le bisphénol-A, intermédiaire dans la production industrielle de certains matériels synthétiques et enfin, les phtalates utilisés comme plastifiants dans la fabrication des polymères et présents dans la plupart des compartiments environnementaux (Teil et al, 2006). Le nouveau projet de l'Agence Européenne des produits chimiques : enregistrement, évaluation et autorisation des substances chimiques (REACH) vise à trouver des alternatives appropriées et plus sûres à l'utilisation des substances les plus préoccupantes.

La Directive Cadre sur l'eau (2000/60) de la Communauté Européenne dont l'objectif est d'atteindre à l'horizon 2015, un bon état écologique, classe le di-éthylhexyl phtalate (DEHP) sur la liste des 33 substances dangereuses prioritaires. En effet, le DEHP est cancérigène sur le foie des Rongeurs et suspecté d'effets perturbateurs endocriniens, notamment œstrogéniques. Il a par ailleurs, été classé parmi les carcinogènes humains probables par l'Environmental Protection Agency (EPA) en 2002. Cependant, il ne figure pas dans les normes de potabilité européennes et il est rare de le voir apparaître dans les bulletins d'analyse de l'eau de consommation courante.

La contamination de l'atmosphère représente une voie d'exposition chez l'Homme (Rudel et al, 2003). L'exposition au DEHP a été estimée par le biomonitoring des métabolites urinaires comme le 5 monoéthyl, le 5 hydroxyéthyl et le 5 oxoéthyl phtalate.

Les connaissances sur les sources d'apport et la diffusion dans l'environnement de ces contaminants émergents, en particulier, des phtalates, reste insuffisante, en dépit d'actions régionales menées depuis 1990. Notre objectif a été de préciser la présence et l'importance des transferts de 6 phtalates dans les eaux de surface et le compartiment atmosphérique dans le bassin versant de la Seine.

2. Matériels et Méthodes

2.1. Sites de prélèvement

Six campagnes d'échantillonnage ont été réalisées dans la Seine d'Alfortville à Conflans et dans deux affluents importants (ordre de Strahler: 7), la Marne et l'Oise à différentes saisons de mars 2002 à octobre 2004. Les 9 sites définis par leurs points kilométriques ont été : sur la Marne, 1-Maisons-Alfort (pk373.8); sur la Seine d'amont en aval, 2-Alfortville (pk373.6), 3-Paris (pk 364.4), 4-Argenteuil (pk 331), 5-Maisons-Laffitte (pk 311), 6-Herblay (pk 299), 7-Conflans rive droite (pk 297), 8-Conflans rive gauche (pk 297) ; sur l'Oise 9-Conflans (pk297.5) (Figure 1).

Une série de prélèvements a également été réalisée à 3-Paris et à 10-Poses (pk 202) en amont immédiat du barrage, pendant l'année 2005.

Pour l'étude comparative des différents types d'apports en phtalates, les retombées atmosphériques ont également été échantillonnées à une fréquence bimensuelle, à 3 stations : Villiers (zone périurbaine, résidentielle), Paris (zone urbaine) et Poses (zone rurale) pendant un an, de janvier à décembre 2005.

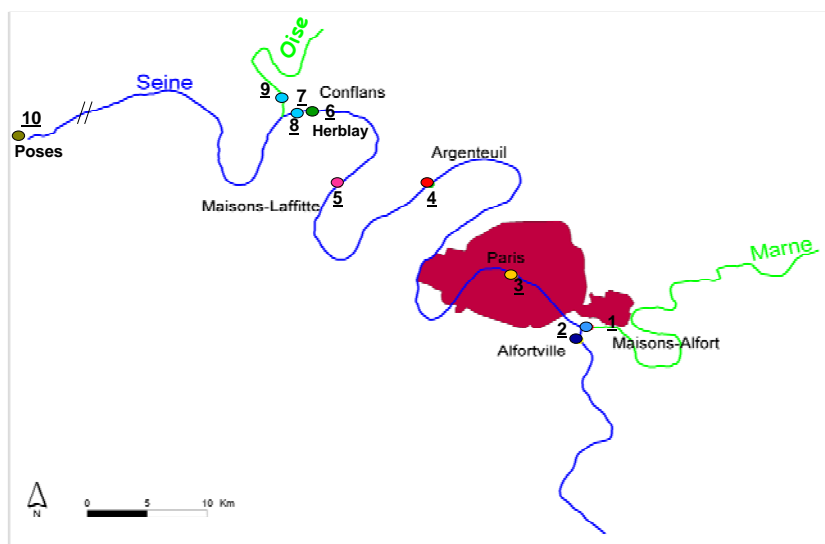


Figure 1 : Localisation des sites d'étude

2.2. Extraction et dosage

Les phtalates ont été extraits des échantillons par un mélange hexane/dichlorométhane (85v/15v). Les échantillons ont été concentrés à 0.5 ml par évaporation rotative, d'après la technique décrite par Vitali et al. (1997). Les phtalates ont été dosés par chromatographie en phase gazeuse à haute résolution.

Des précautions particulières ont été respectées au cours des prélèvements et pendant le traitement pour éviter la contamination des échantillons. Le matériel utilisé était en verre ou téflon et les solvants, de qualité picograde. Les déterminations ont été réalisées avec un mélange standard externe (EPA phthalate esters 4S8231) contenant chacun des 6 phtalates suivants : di-méthyl phthalate (DMP), di-éthyl phthalate (DEP), di-n-butyl phthalate (DnBP), butyl-benzyl phthalate (BBP), di-(2-éthylhexyl) phthalate (DEHP) and di-n-octyl phthalate (DnOP). Les rendements d'extraction pour des solutions contenant chacun des phtalates suivants: DMP, DEP, DnBP, BBP, DEHP et DnOP ont été 82%, 68%, 80%, 75.5%, 79.5% et 84%, respectivement. Les concentrations ont été exprimées en $\mu\text{g L}^{-1}$, les limites de détection se situant de 3 à 50 ng L^{-1} .

3. Résultats et Discussion

3.1. Evolution spatio-temporelle de la contamination selon les conditions hydrologiques

Les concentrations des phtalates dans l'eau de l'amont vers l'aval de Paris au cours de 2002-2003 (valeurs limites et moyennes) sont indiquées dans le Tableau 1. Dans l'ensemble, nos résultats montrent une prépondérance du DEHP suivi du DnBP qui sont les composants les plus abondants produits par l'industrie des plastifiants. Cela est en accord avec des études en Italie (Vitali et al., 1998) et à Taiwan (Yuann et al., 2002).

Tableau 1 : Concentration des phtalates (moyennes et limites des échantillons) en $\mu\text{g L}^{-1}$ dans la Seine et 2 affluents, la Marne et l'Oise.

Sites d'étude	DMP	DEP	DnBP	BBP	DEHP	DnOP
Marne – 1	0.018 < DL – 0.034	0.152 < DL – 0.198	0.526 0.018 – 1.02	0.019 < DL – 0.031	0.334 0.002 – 0.570	0.022 < DL – 0.058
Alfortville – 2	0.015 < DL – 0.029	0.046 < DL – 0.08	0.234 0.011 – 0.386	0.015 < DL – 0.043	0.323 0.095 – 0.505	< DL
AlexandreIII – 3	0.009 < DL – 0.012	0.058 < DL – 0.188	0.255 0.009 – 0.516	0.007 < DL – 0.01	0.388 0.065 – 0.791	< DL
Argenteuil – 4	0.016 < DL – 0.026	0.119 < DL – 0.276	0.353 0.035 – 0.581	0.02 < DL – 0.035	0.688 0.017 – 1.34	0.012 < DL – 0.017
Maisons Laffitte – 5	0.019 < DL – 0.044	0.074 < DL – 0.144	0.296 0.024 – 0.608	0.022 < DL – 0.048	0.436 0.016 – 0.745	0.01 < DL – 0.016
Herblay – 6	0.065 < DL – 0.120	0.208 < DL – 0.392	0.302 0.103 – 0.588	0.040 < DL – 0.06	0.779 0.587 – 0.986	0.003 < DL – 0.003
ConflansRG – 7	0.018 < DL – 0.034	0.170 < DL – 0.421	0.365 0.031 – 0.809	0.02 < DL – 0.032	0.556 0.313 – 0.756	0.005 < DL – 0.008
ConflansRD – 8	0.103 < DL – 0.181	0.133 < DL – 0.225	0.211 0.033 – 0.516	0.04 < DL – 0.053	0.653 0.306 – 1.16	0.01 < DL – 0.018
Oise – 9	0.058 < DL – 0.237	0.178 < DL – 0.304	0.328 0.041 – 0.763	0.028 < DL – 0.041	0.348 0.152 – 0.444	0.035 < DL – 0.056

Les profils de répartition indiqués sur la Figure 2 à tous les sites ont montré des concentrations en DEHP majoritaires suivi du DnBP sauf pour la Marne où ce dernier prévalait, notamment pendant la crue.

En amont de la confluence Seine/Marne (site 1) les concentrations en phtalates ont été plus élevées dans la Marne que dans la Seine en amont de Paris (site 2) ce qui pourrait résulter de la forte urbanisation et du développement de villes nouvelles à densité de population élevée : 172 ha. km^{-2} contre 101 ha. km^{-2} . L'Oise (site 9) dont la densité de population est du même ordre de grandeur que celle de la Seine amont de Paris (109 ha. km^{-2}) a présenté une contamination similaire au site 2. Ensuite à Paris (site 3) où le mélange des eaux de la Marne et de la Seine est réalisé, une augmentation des concentrations a été observée en raison des apports de la Marne. A Herblay (site 6) et à Conflans RG (site 8), les concentrations les plus élevées de l'étude ont été trouvées, en aval des rejets de la station d'épuration de Seine Aval.

En comparaison, Vitali et al (1997) ont observé en Italie une relation directe entre les niveaux de phtalates dans les eaux de surface et la présence de rejets d'eaux usées domestiques et industrielles. De plus, Fromme et al (2002) en Allemagne ont montré des concentrations en DEHP dans les effluents d'épuration d'un ordre de grandeur de 1.7 à 182 $\mu\text{g L}^{-1}$. Peu d'études sont disponibles concernant les phtalates dans les eaux de surface en Europe occidentale. Des ordres de grandeur de concentration de DnBP dans la Seine, la Marne et l'Oise (0.76 – 1.29 $\mu\text{g L}^{-1}$) ont été rapportées par Lahoussine (2000) mais, par contre les concentrations étaient plus basses pour le DEHP en particulier dans la Seine (0.03 – 0.25 $\mu\text{g L}^{-1}$).

D'autres études en Europe ont montré des concentrations de DEHP en accord avec nos résultats (Thüren, 1986 ; Vitali et al, 1997 ; Fromme et al, 2002). Au contraire, en Amérique du Nord des concentrations en DEHP des rivières sont beaucoup plus basses avec une importante variabilité qui semble reliée à d'importantes étendues inhabitées avec de faibles densités de population et d'industrie (De Leone et al, 1986 ; Fromme et al., 2002).

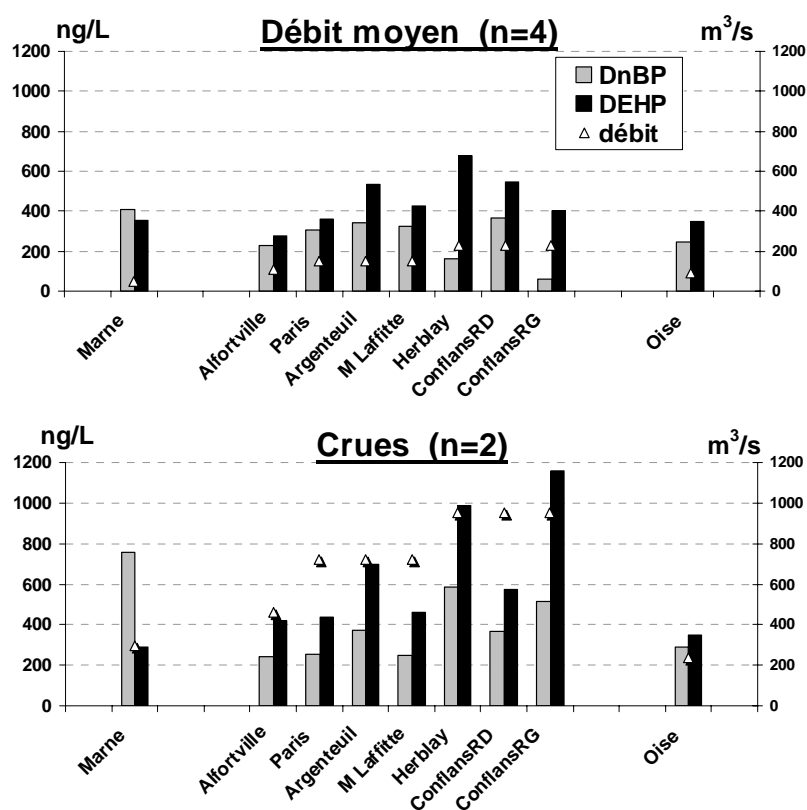


Figure 2 : Concentration du DEHP et du DnBP d'amont en aval dans la Seine en conditions de débit moyen et de crue.

3.2. Evolution annuelle des phtalates dans la Seine à Paris en 2004

3.2.1 Evolution au cours de l'année 2004

L'évolution annuelle de la concentration en phtalates a été étudiée au centre de Paris et les données hydrologiques quotidiennes ont été fournies par la station de mesure de Paris-Austerlitz (Figure 3). L'année 2004 a été caractérisée par des conditions météorologiques de type sec avec un flux cumulé de 7677.10^6 m^3 . Le débit annuel de la rivière a varié de 88 à $1090 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ entraînant des variations dans les concentrations en matières en suspension totales allant de 1.8 à 201.5 mg L^{-1} et des teneurs en matière organique particulaire comprises entre 0.8 et 26.7 mg L^{-1} .

L'échantillonnage a été réalisé de façon quotidienne en février pendant la crue et hebdomadaire durant le reste de l'année.

L'augmentation de concentration de DEHP débute précocément (Figure 3). Elle correspond à de fortes précipitations. Les pointes de contamination semblent essentiellement liées aux événements pluvieux et au ruissellement. Ensuite, en mai, de fortes contaminations ont été observées lors de débits moins élevés mais pendant des pluies abondantes. Dans l'ensemble, au cours de l'année, l'augmentation de la concentration en DEHP coïncide avec des pics de débit et semble concomitante avec les événements pluvieux importants (Teil et al., soumis).

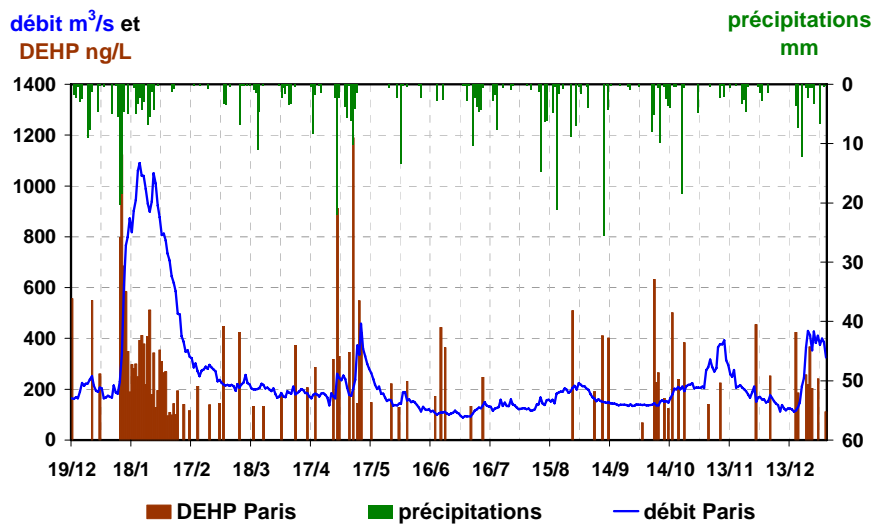


Figure 3 : Evolution du DEHP à Paris au cours de l'année 2004 en relation avec le débit de la Seine et les précipitations.

Ces résultats ont été confirmés par l'étude réalisée à Poses en 2005 (Figure 4).

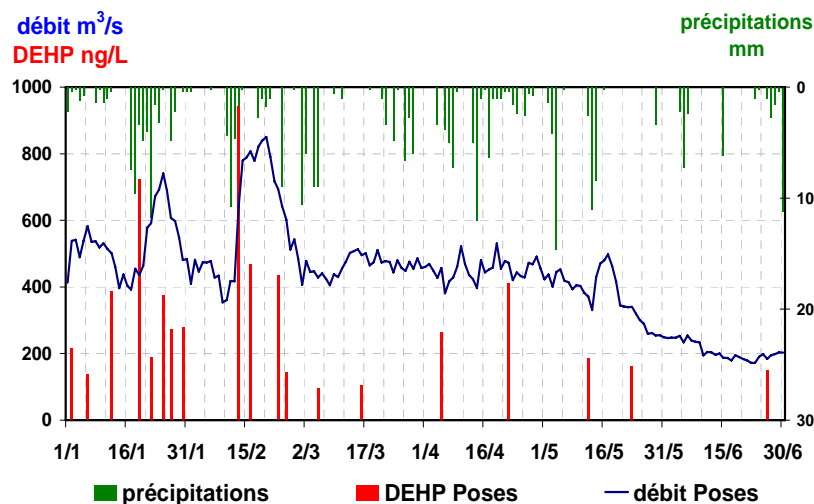


Figure 4 : Evolution du DEHP à Poses au cours de l'année 2005 en relation avec le débit de la Seine et les précipitations.

3.2.2 Evolution au cours de la crue de 2004

La crue principale s'est déroulée du 13 janvier au 26 février 2004 et ses caractéristiques sont indiquées sur la Figure 5. Le DEHP, composé majoritaire a été étudié. Sa concentration s'est située de 96 à 1123 ng L⁻¹. Une augmentation brutale concomitante avec le début de la crue, a été notée.

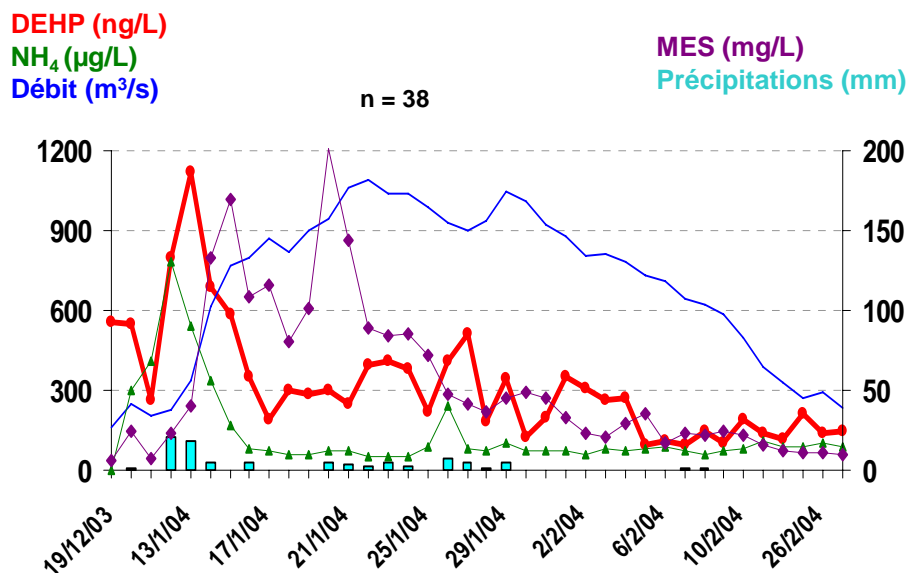


Figure 5 : Concentration du DEHP en Seine au cours de la crue de 2004.

Cependant, le pic de DEHP a précédé de 9 jours celui du débit et est redescendu rapidement avant la fin de la montée de crue. Il semblerait que le pic de DEHP provienne du ruissellement de l'eau de pluie sur les surfaces urbaines, mélangées à des eaux usées débordant du réseau d'assainissement. Il semble difficile de préciser ici la contribution relative aux pics de pollution en phtalates, du ruissellement urbain et des surverses des réseaux d'assainissement.

Aucune relation particulière n'a été notée entre l'évolution de la concentration en DEHP et celle des matières en suspension, qu'elles soient dues aux remises en suspension de sédiments autochtones ou de matériaux terrigènes de l'amont du bassin. Par ailleurs, un étroit parallélisme a été noté entre les variations du DEHP et celles de l'azote ammoniacal, plaidant pour une même origine domestique de ces deux composés.

Nous avons ensuite considéré le profil de répartition des phtalates à 2 sites : l'un en centre urbain à Paris et l'autre à Poses amont, en aval des rejets de l'agglomération parisienne et des industries se trouvant sur cette section de la rivière (Figure 6).

Le composé le plus abondant a été le DEHP, composé le plus utilisé. On remarque une différence de proportions relatives du DEHP et du DnBP. La station de Paris se trouve en amont des principaux rejets d'assainissement de l'agglomération parisienne (Seine-Aval et Seine-Centre) tandis que Poses est en aval de ces rejets ainsi que de ceux des principaux secteurs industriels présents en bordure de Seine à l'ouest de Paris.

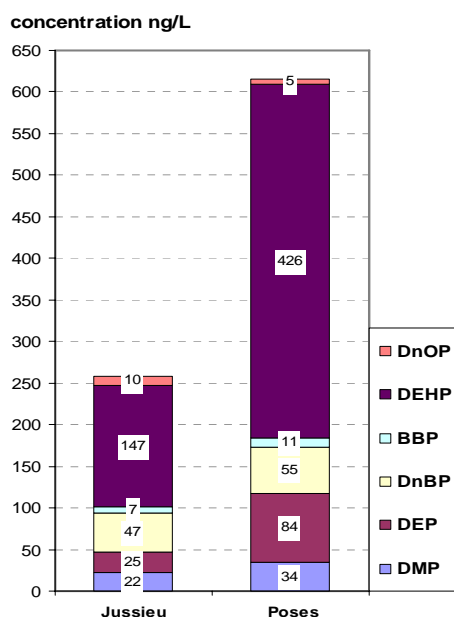


Figure 6 : Profil des phtalates en Seine à Paris et à Poses amont en 2005.

3.3. Bilan annuel des transferts de phalates en Seine à Paris

Les flux de phtalates, de MES totales et de matière organique particulaire dans la Seine pour l'année 2004 sont présentés dans le Tableau 2. La contribution de la crue a été calculée et prévalait pour le DEP (43 %) et le DnBP (41 %).

En considérant les flux annuels cumulés, le DEHP a été le composé majoritaire avec 2257 kg transportés dont 1590 kg pendant la crue.

Tableau 2 : Flux de 6 phtalates, matières en suspension totales et matière organique particulaire durant la crue et le reste de l'année

	DMP	DEP	DnBP	BBP	DEHP	MES tot.	MO part
Flux pendant la crue (kg) n=38	93	187	657	39	667	148 850	17 500
Flux hors crue (kg) n=47	270	243	956	100	1590	67 130	15 400
Flux annuel total (kg) n=85	363	430	1613	139	2257	215 980	32 900
Contribution de la crue au transport annuel (%)	26 %	43 %	41 %	25 %	29.5 %	69 %	53 %

Les flux cumulés de DEHP et de DnBP représentent 80% des flux totaux de phtalates et leur évolution en 2004 est présenté sur la Figure 7.

Les flux de MES ont augmenté fortement pendant la crue et par la suite ont peu varié : leur transport n'a plus semblé être affecté par les variations de débit ultérieures. Concernant le DEHP, contrairement aux MES, son transport après augmentation durant la crue hivernale s'est poursuivi au cours de l'année avec une seconde augmentation en relation avec le pic de débit du mois de mai. Par contre si l'évolution du transfert de DnBP est identique à celle du DEHP jusqu'au second pic de débit de mai, l'augmentation du flux reste ensuite limitée comme pour les MES, jusqu'à la fin de l'année.

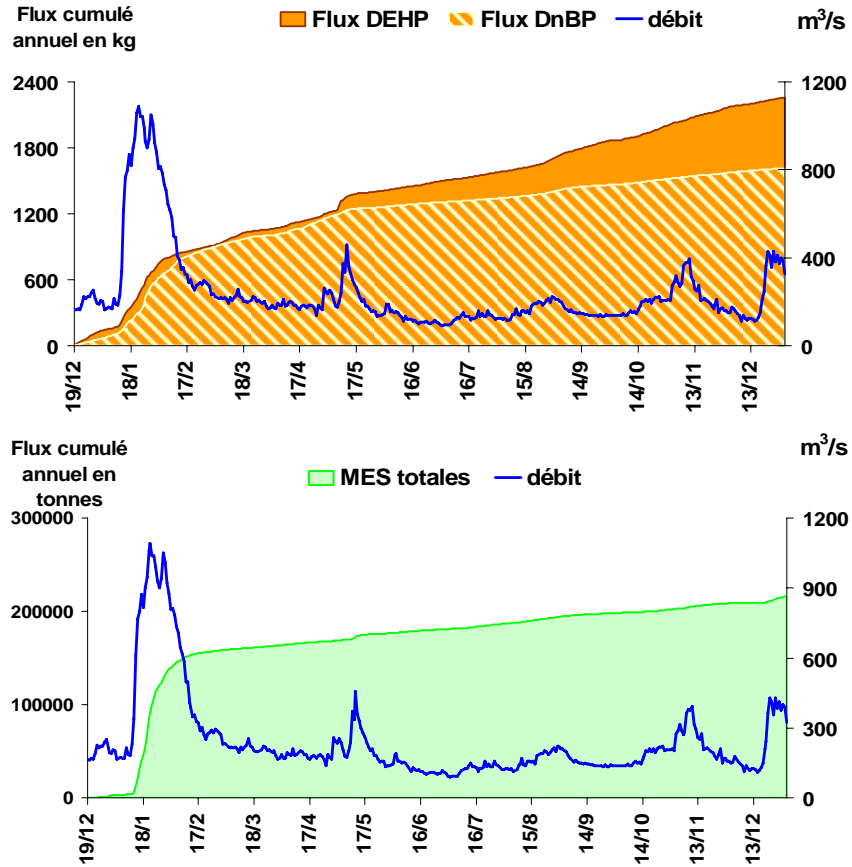


Figure 7 : Flux cumulés de phtalates et de MES en Seine à Paris en 2004.

La répartition des flux annuels de phtalates en fonction des classes de débits croissants pour l'année 2004 est indiquée sur la Figure 8. La plus grande partie du DnBP et du DEHP est transportée en régime permanent dans les classes de débit les plus faibles : 101-200 et 201-300 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$. La période de crue a eu un impact limité sur le transport des phtalates, contrairement à celui d'autres contaminants moins solubles et présentant une affinité plus élevée pour la phase particulaire comme les HAP (voir action 4.2.3.).

Par contre, les matières en suspension totales ont été transportées principalement dans les classes de débits élevés : 900-1000 et 1000-1100 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$. La proportion en matière organiques des MES a été plus élevée dans les classes de débits faibles ce qui constitue un facteur favorable à l'adsorption de phtalates sur les particules.

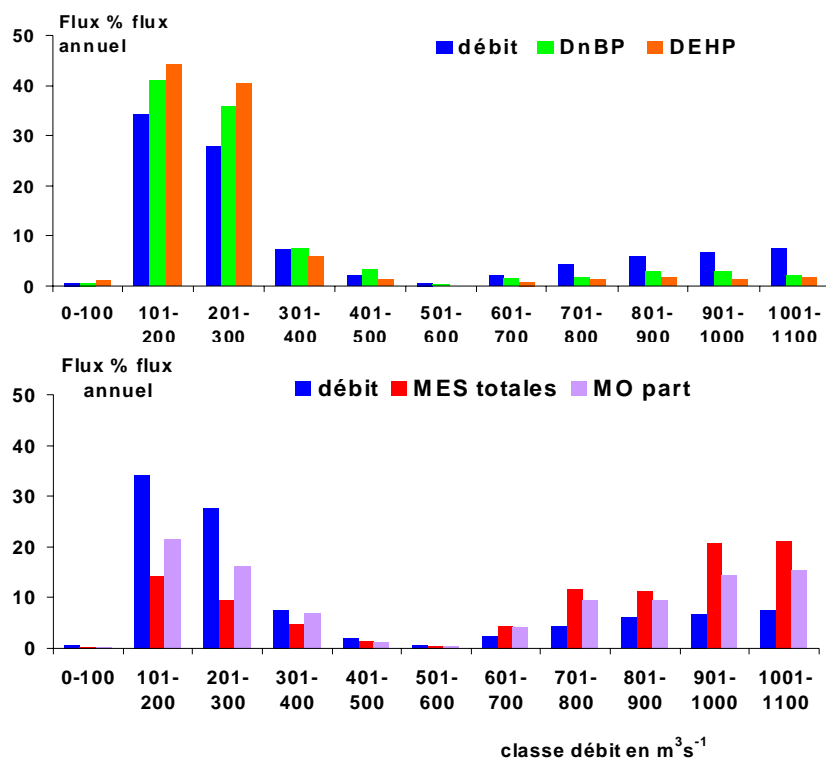


Figure 8 : Répartition des flux annuels de DnBP et de DEHP, des matières en suspension totales et des matières organiques particulaires selon les classes de débit.

3.4. Retombées atmosphériques totales

Actuellement, les phtalates ont été détectés dans l'atmosphère à des concentrations variant de 0.3 à 77 ng m⁻³ (Staples et al, 1997). Les teneurs dans l'atmosphère représentent un risque d'exposition par inhalation et on observe notamment des similarités de distribution entre l'air des intérieurs de maisons et les teneurs urinaires chez l'Homme pour le DEP et le DnBP (Rudel et al, 2003). Nous avons observés lors d'une étude antérieure une répartition des teneurs dans l'atmosphère à Paris qui étaient les suivantes en ng m⁻³ : DMP – 5.7±5.2, DEP 9.0±6.2, DnBP – 18.4±9.9, BBP – 5.4±3.0, DEHP – 17.5±7.7 et DnOP – 0.5±0.4 (Teil et al., 2005).

Les concentrations en phtalates dans les retombées atmosphériques totales sont présentées sur la Figure 9. Les valeurs les plus élevées sont rencontrées à Paris en zone urbaine puis en banlieue parisienne en zone résidentielle en comparaison avec Poses.

On observe tous sites confondus, une prépondérance du DEHP dans les retombées atmosphériques totales contrairement à l'atmosphère. Cette prépondérance est également rencontrée dans les autres compartiments comme les eaux de surface, les sédiments et les effluents et boues de STEP (Fromme et al., 2002).

Ces différences pourraient s'expliquer par les proportions relatives de ces composés dans l'atmosphère avec des valeurs moyennes de 21.9 ng m⁻³ pour le DnBP contre 13.2 ng m⁻³ pour le DEHP dans la phase gazeuse et de 1.9 ng m⁻³ pour le DnBP contre 5.4 ng m⁻³ pour le DEHP dans la phase particulaire (Teil et al., 2006). Les retombées atmosphériques totales prennent en compte à la fois les pluies et les particules qui se déposent par temps sec. Ainsi, on a observé un apport important de DEHP par rapport au DnBP au cours du dépôt sec et qui contribue à l'enrichissement des retombées totales pour ce composé (Teil et al., 2006).

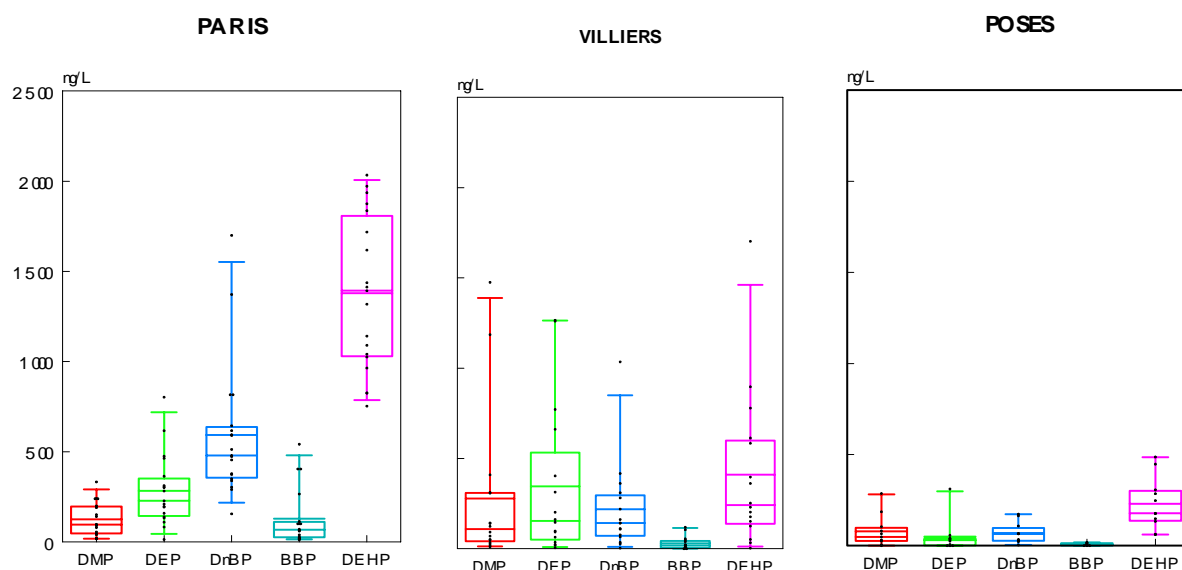


Figure 9 : Concentrations des phtalates dans les retombées atmosphériques totales à Paris, Villiers et Poses (moyenne, médiane, 25^{ème} et 75^{ème} percentile).

Les flux journaliers de phtalates par les retombées atmosphériques totales ont été calculés aux trois sites avec les données de la pluviométrie (Tableau 3) et montrent les valeurs les plus élevées en zone urbaine suivies par la zone périurbaine et les valeurs les plus basses en zone rurale.

Tableau 3 : Flux journaliers de phtalates à Paris, Villiers et Poses.

ng m ⁻² j ⁻¹	DMP	DEP	DnBP	BBP	DEHP
Paris	239	695	1395	231	3717
Villiers	476	591	374	51	702
Poses	165	118	160	15	484

3.5. Comparaison entre les transferts par la Seine et par les retombées atmosphériques

Les flux du DnBP et du DEHP par les retombées atmosphériques totales sur le bassin versant jusqu'à Poses ont été estimés à partir des concentrations des échantillons recueillis aux trois sites et des données de la pluviométrie. L'ensemble des résultats est indiqué dans le Tableau 4.

Tableau 4 : Apports atmosphériques et exportation par les eaux de surface de DEHP et de DnBP dans le bassin de la Seine.

Composés	Apports par la Seine à Paris (mg km ⁻² j ⁻¹)	Apports par la Seine à Poses (mg km ⁻² j ⁻¹)
DnBP	91	56
DEHP	127	256
Apport par les retombées atmosphériques totales sur le bassin jusqu'à Poses		
DnBP		388
DEHP		971

Ils montrent le rôle prépondérant du compartiment atmosphérique dans le transfert des phtalates avec des flux jusqu'à 4 fois plus élevés pour le DnBP et le DEHP par rapport à la Seine. Il

semble que la diffusion par volatilisation passive à partir de matériaux soit plus importante que la diffusion par rejets liquides et cela d'autant plus que les flux déposés sont inférieurs aux flux émis, compte tenu de la susceptibilité des phtalates à la photodégradation.

4. Conclusions et perspectives

La séquence des phtalates dans le profil de répartition observé dans le bassin de la Seine est le reflet de celle de la production industrielle. Dans l'ensemble, les concentrations du DEHP, dans la Seine et l'atmosphère sont comparables avec les données européennes. L'évolution du composé majoritaire, le DEHP dans la Seine est étroitement liée au régime hydrologique. Enfin, les apports de phtalates par les eaux de surface sont moins importants que par les retombées atmosphériques.

Dans l'ensemble, la diffusion de ces contaminants dans l'environnement est trop peu documentée et son étude correspond à une réelle demande sociétale. Les connaissances acquises en 2004 et 2005 sur l'état et l'évolution de la contamination du réseau hydrographique par ces composés en zone rurale comme en centre urbain ont soulevé la question du devenir des apports issus des activités domestiques, industrielles ou médicales dans les réseaux et les usines d'assainissement.

Notre objectif sera de déterminer l'importance des vecteurs comme les RUTP, les rejets industriels et les rejets de STEP impliqués dans la contamination des eaux superficielles. Notre démarche s'appuiera sur l'analyse des changements de composition observés dans les émissaires d'entrée de STEP.

De plus, nous étudierons le devenir des phtalates le long des filières de traitement des STEP. La détermination des rendements d'épuration dans les eaux usées constitue l'un des éléments de connaissance indispensable pour une évaluation du mode de diffusion des différents composés initialement rejetés sous forme dissoute, d'une part et sous forme adsorbée au niveau des boues urbaines, d'autre part.

Au regard de l'horizon 2015, en raison de la multiplicité des apports et de leur importance relative par temps sec et par temps de pluie, les seuls apports industriels font l'objet de l'inventaire national en cours de réalisation. Le suivi des apports et du devenir des contaminants dits « émergents » en particulier des phtalates, constitue ainsi une préoccupation prioritaire pour les gestionnaires.

5. Références

- De Leone I.R., Byrne C.J., Peuler E.A., Antoine S.R., Schaeffer J., Murphy R.C. (1986) Trace organic and heavy metal pollutants in the Mississippi river. *Chemosphere*, **15**: 795-805.
- De Witt C.A., 2002. An overview of brominated flame retardance in the environment. *Chemosphere* 46, 583-624.
- Fromme H., Küchlert T., Otto T., Pilz K., Müller J. & Wenzel A. (2002). Occurrence of phtalates and bisphenol A and F in the environment. *Water Research*, **36**, 1429-1438.
- Jobling S., Sheahan D., Osborne J.A., Matthiessen P., Sumpter J.P., 1996. Inhibition of testicular growth in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* exposed to oestrogenic alkylphenolic chemicals. *Environ. Toxicol. Chem.* 15, 194-202.
- Kolpin D.W., Furlong E.T., Meyer M.T., Thurman E.M., Zaugg S.D., Barber L.B. and Suxton H.T., 2002. Pharmaceutical, Hormones and other organic wastewater contaminants in U.S. streams, 1999-2000 : a national reconnaissance. *Environ. Sci. Technol.*, 36, 1202-1211.
- Marchand M et Chaussepied M. Colloque Hydroécologie, Nantes 20-21 octobre 2005
- Rudel R, Camann DE, Spengler JD, Korn LR, Brody JC. Phthalates, alkylphenols, pesticides, polybrominated diphenyl ethers, and other endocrine-disrupting compounds in indoor air and dust. *Environmental Science and Technology* 2003; 37: 4543-4553.

- Staples, C.A., Peterson, D.R., Parkerton, T.F. and Adams, W.J., 1997. The environmental fate of phthalate esters: a literature review. *Chemosphere* **35**, 667-749.
- Teil MJ., Blanchard M., Chevreuil M., 2006. Atmospheric fate of phthalate esters in an urban area (Paris-France). *The Science of the Total Environment* 354, 212-223.
- Teil MJ , Blanchard M, Dargnat C, Larcher-Tiphagne K and Chevreuil M. Occurrence and transport mechanisms of phthalate esters in rivers of the Paris district (France). Soumis à Hydrological Processes le 12 décembre 2005.
- Thurén, A., and Larsson, P., 1990. Phthalate esters in the Swedish atmosphere. *Environmental Science and Technology* 24, 554-559.
- Thuren, A., 1986. Determination of phthalates in aquatic environments. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* **36**, 33-40.
- Vitali, M., Guidotti, M., Macclienti, G. and Cremisini, C., 1997. Phthalate esters in freshwaters as markers of contamination sources – A site study in Italy. *Environment International*, **23**, 337-347.
- Yuann, S.Y., Liu, C., Liao, C.S. and Chang, B.V., 2002. Occurrence and microbial degradation of phthalate esters in Taiwan river sedemnts. *Chemosphere* **49**, 1295-1299.