

# **Action 4.3.3. Diffusion des polluants organiques persistants (POP) à l'échelle du bassin versant de la Seine par la valorisation agricole des boues urbaines : comparaison avec les apports atmosphériques**

A. Roy de Lachaise<sup>1</sup>, M. Blanchard<sup>1</sup>, M-J. Teil<sup>1</sup>, D. Ollivon<sup>1</sup>, B. Garban<sup>1</sup>,  
A. Motelay-Massei<sup>2</sup>, S. They<sup>2</sup>, M. Chevreuil<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Laboratoire Hydrologie et Environnement - Ecole Pratique des Hautes Etudes / UMR  
Sisyphé 7619*

*4, place Jussieu – Tour 56-46 – 4<sup>ème</sup> étage, 75252 Paris cedex 05*

[mailto:Antoine.Roy\\_de\\_Lachaise@ccr.jussieu.fr](mailto:Antoine.Roy_de_Lachaise@ccr.jussieu.fr)

<sup>2</sup> *Université Paris VI / UMR Sisyphé 7619*

*PIREN-Rapport-433-2004-01-29.doc*

Action 4.3.3. Diffusion des polluants organiques persistants (POP) à l'échelle du bassin versant de la Seine par la valorisation agricole des boues urbaines : comparaison avec les apports atmosphériques.. 1

<b>1. Introduction</b> .....	1
<b>2. Méthodologie SIG et calculs</b> .....	2
2.1. Méthodologie du SIG .....	2
2.2. Calculs .....	2
<b>3. Résultats</b> .....	4
3.1. Apports en POP par les boues urbaines .....	4
3.1.1 Apport en boues urbaines sur le bassin versant de la Seine .....	4
3.1.2 Evolution des teneurs en POP dans les boues urbaines de 1998 à 2002 .....	5
3.1.3 Apports en POP par valorisation agricole des boues .....	5
3.2. Apports en POP par les retombées atmosphériques totales .....	7
3.3. Comparaison des apports par épandage et par dépôt atmosphérique en 2001 .....	9
3.3.1 Comparaison des deux modes d'apport à l'échelle du bassin de la Seine et de deux sous-bassins : Eure et Marne .....	9
3.3.2 Evaluation globale de la charge polluante .....	9
<b>4. Conclusions et perspectives</b> .....	11
<b>5. Bibliographie</b> .....	11

## **1. Introduction**

Depuis les années 80, une interrogation concernant les conséquences des filières d'élimination des boues d'épuration est apparue. La France stocke 15 à 20% de ces boues dans des décharges de classe II (qui acceptent les déchets du type « ménagers ou assimilés »), incinère 20 à 25% et recycle environ 60% des boues en fertilisation agricole. De plus, leur production pourrait atteindre 1.300.000 tonnes en 2005 contre 850.000 tonnes en 1998 (ADEME, 2001).

La France est favorable pour continuer l'épandage en le limitant aux boues urbaines. Les agriculteurs, principaux acteurs du débat, reconnaissent leur bon rendement agronomique mais néanmoins, ils subissent une pression de la part des industries agroalimentaires opposées à cette pratique, craignant l'impact sanitaire.

Notre premier objectif a été de réunir les résultats du Syndicat Interdépartemental de l'Assainissement de l'Agglomération Parisienne (S.I.A.A.P.), afin de constituer une base de données exploitable par Système d'Information Géographique (S.I.G.). Notons que seules les boues des

stations Seine Aval (Achères) et Seine-Amont (Valenton) sont utilisées en valorisation agricole. Elles proviennent du raccordement d'environ 53% de la population du bassin de la Seine. Notre second objectif a été de comparer les apports de deux familles de Polluants Organiques Persistants (POP), les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) et les Polychlorobiphényles (PCB), avec les apports atmosphériques à l'échelle du bassin versant de la Seine et de deux sous-bassins : l'Eure et la Marne, pour l'année 2001. Cette approche permettra d'évaluer le risque relatif de contamination des sols par l'épandage agricole des boues à différentes échelles de bassins versants.

## 2. Méthodologie SIG et calculs

### 2.1. Méthodologie du SIG

La méthodologie "SIG" adoptée, consiste dans un premier temps à déterminer une zone d'étude liée à notre problématique. Nous nous sommes intéressés au bassin versant de la Seine, qui a été découpé en 9 sous-bassins nommés : Seine 1, Seine 2, Seine 3, Seine 4, Oise, Marne, Eure, Yonne et Estuaire, qui sont indiqués sur les cartes ci-après.

Dans un deuxième temps, quatre étapes ont constitué une part importante de notre travail : l'acquisition, la conceptualisation, le traitement des données ainsi que la restitution des résultats (Figure 1).

L'acquisition des données fait appel à des enquêtes, des relevés de terrain ou encore des analyses de laboratoire, par exemple. Une enquête a été menée auprès des stations d'épuration du bassin de la Seine valorisant leurs boues en agriculture. Notre intérêt se portait sur le parcellaire d'épandage sous forme graphique, les quantités de boues épandues sur chaque parcelle et les teneurs en HAP ( $\Sigma$  3 HAP : fluoranthène, benzo-a-pyrène et benzo-b-fluoranthène) et en PCB ( $\Sigma$  7 PCB : 28, 52, 101, 118, 138, 153 et 180) de ces boues. Concernant les autres données, des couvertures cartographiques étaient disponibles au sein des documents PIREN-Seine : communes, départements, bassin versant, pluviométrie, etc...

Ensuite, la conceptualisation consiste à trier et classer les données. Ainsi, des tables sont créées afin de constituer un modèle logique de base de données : Modèle Conceptuel de Données (MCD).

Le traitement des données par des calculs simples conduit à des résultats de synthèse à différentes échelles. Notre intérêt était, dans un premier temps, d'avoir une vision spatio-temporelle des apports de boues sur les sous-bassins versant de la Seine retenus pour notre étude. Les mêmes manipulations ont été réalisées pour les apports en POP par les boues. Puis, les apports atmosphériques en POP ont été calculés à l'échelle des communes. Enfin, nous avons transposé ces résultats à l'échelle du bassin versant de la Seine et à l'échelle des sous-bassins et réalisé une représentation synthétique, sous forme cartographique, grâce à l'outil de dessin du logiciel SIG.

### 2.2. Calculs

On distingue deux types de calculs, se rapportant à deux types de résultats : évaluation des apports en boues, en HAP et en PCB (quantité, teneurs dans les boues en sortie de station) sur le bassin versant de la Seine et évaluation des apports atmosphériques en HAP et PCB.

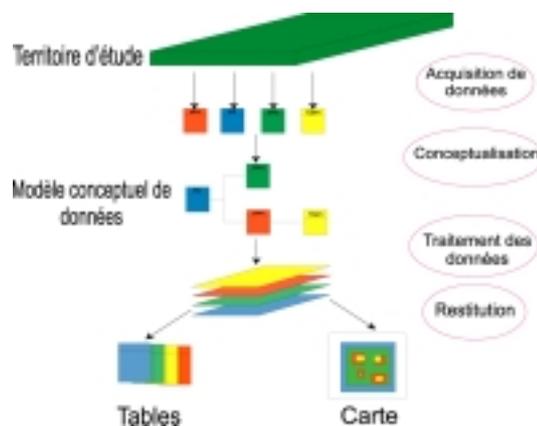


Figure 1: Méthodologie générale du SIG.

Pour l'épandage des boues, les données acquises sont à l'échelle de la parcelle. Notre premier objectif était de représenter ces résultats à l'échelle des neuf sous-bassins choisis pour l'étude mais également à l'échelle globale du bassin versant de la Seine.

La SEDE-Environnement nous a fourni, avec l'autorisation du S.I.A.A.P., deux types de données : les données graphiques concernant le parcellaire sur lequel ont été épandues les boues urbaines entre 1998 et 2002 et les données numériques dans lesquelles sont décrites les quantités de boues épandues entre 1998 et 2002 et leurs teneurs en HAP et PCB.

Le calcul des apports en HAP et PCB suit le même principe que le calcul des apports en boues. Les teneurs (en mg de chaque composé par kg de boues du lot épandu) ont été converties en apports (kg) de composés.

L'ensemble de ces résultats a été mis sous forme de graphique, eux-même cartographiés afin d'avoir une vision spatio-temporelle des apports en boues, en HAP et en PCB.

Pour l'évaluation des apports et des flux de HAP et PCB sur le bassin versant de la Seine, nous nous sommes référés à une première étude réalisée en 2001 par Garban *et al.* (2002). Ces travaux ont montré une corrélation entre des densités de population dans différents milieux et les concentrations en POP dans les retombées atmosphériques totales (Figure 2 et Figure 3).

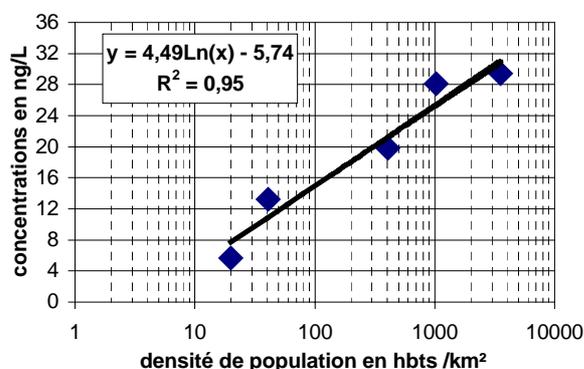


Figure 2 : Corrélation entre la concentration moyenne mensuelle des HAP ( $\Sigma 3$ ) et la densité de population de Pleumeur-Bodou, d'Evreux, de Paris, de Coulommiers et d'Eclaron pour l'année 2001

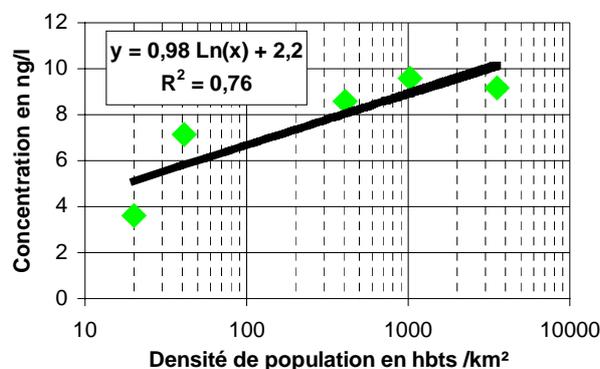


Figure 3 : Corrélation entre la concentration moyenne mensuelle des PCB ( $\Sigma 7$ ) et la densité de population de Pleumeur-Bodou, d'Evreux, de Paris, de Coulommiers et d'Eclaron pour l'année 2001

Nous avons déterminé à l'aide des droites de régression, des concentrations médianes aux quatre classes de densité de population choisies (Tableau 1).

Tableau 1: Concentration en POP en ng/l se rapportant aux différentes densités de population du bassin versant de la Seine

Classe de densité de population hab/km <sup>2</sup>	Concentration en HAP ( $\Sigma 3$ )	Concentration en PCB ( $\Sigma 7$ )
Inférieur à 50	5,9	3,0
De 50 à 500	17,0	7,1
De 500 à 5000	27,3	9,4
Supérieur à 5000	35,6	11,2

De plus, avec l'outil SIG, nous avons assigné les pluies moyennes annuelles à chaque commune du bassin versant de la Seine pour l'année 2001. Pour obtenir les charges polluantes se rapportant aux entités géographiques étudiées, les apports ont été normalisés à ces dernières.

Ces calculs ont été représentés à l'échelle du bassin versant de la Seine et à l'échelle des deux sous-bassins versant de l'Eure et de la Marne. Ces derniers ont été retenus car celui de l'Eure reçoit le

plus de boues d'épuration en valorisation agricole contrairement à celle de la Marne qui est beaucoup moins exposé sur la période d'étude. Ainsi, nous avons comparé les apports en POP par la valorisation agricole et par les retombées atmosphériques, dans ces deux secteurs géographiques.

### 3. Résultats

#### 3.1. Apports en POP par les boues urbaines

##### 3.1.1 Apport en boues urbaines sur le bassin versant de la Seine

Dans un premier temps, nous nous sommes intéressés à la répartition des épandages sur l'ensemble du bassin versant de la Seine (Figure 4). Les sous-bassins Seine 2 et Yonne, n'ont pas reçu de boues d'épuration. Pour les autres sous-bassins, les épandages et les répartitions des parcelles ayant fait l'objet d'épandage pour la valorisation agricole de boues d'épuration entre 1998 et 2002 ne sont pas uniformes. La spatialisation du parcellaire rentrant dans les plans d'épandage montre deux diagonales à l'ouest et à l'est de Paris. Ces diagonales sont composées de taches ponctuelles, qui représentent des groupements de parcelles appartenant aux mêmes communes et fréquemment aux mêmes exploitants. Ainsi, la logique de répartition des épandages est le plus souvent une logique communale.

Les sous-bassins Estuaire et Seine 4 ont reçus sur cinq ans des apports inférieurs à 1000 tonnes. Seine 1 a des apports en 1998 d'environ 42000 tonnes (Figure 5). Les autres sous-bassins ne dépassent pas les 12000 tonnes pour cette même année. Pour Seine 1, Seine 3 et Eure, la tendance générale est à la diminution des épandages de 1999 à 2002 alors que pour l'Oise et la Marne ils restent stables (Figure 5).

Les quantités épandues dépendent du nombre de parcelles utilisées pour la valorisation agricole par sous-bassin et des besoins agronomiques des régions agricoles concernées, en lien avec l'acceptation de la profession agricole vis-à-vis de cette activité de recyclage.

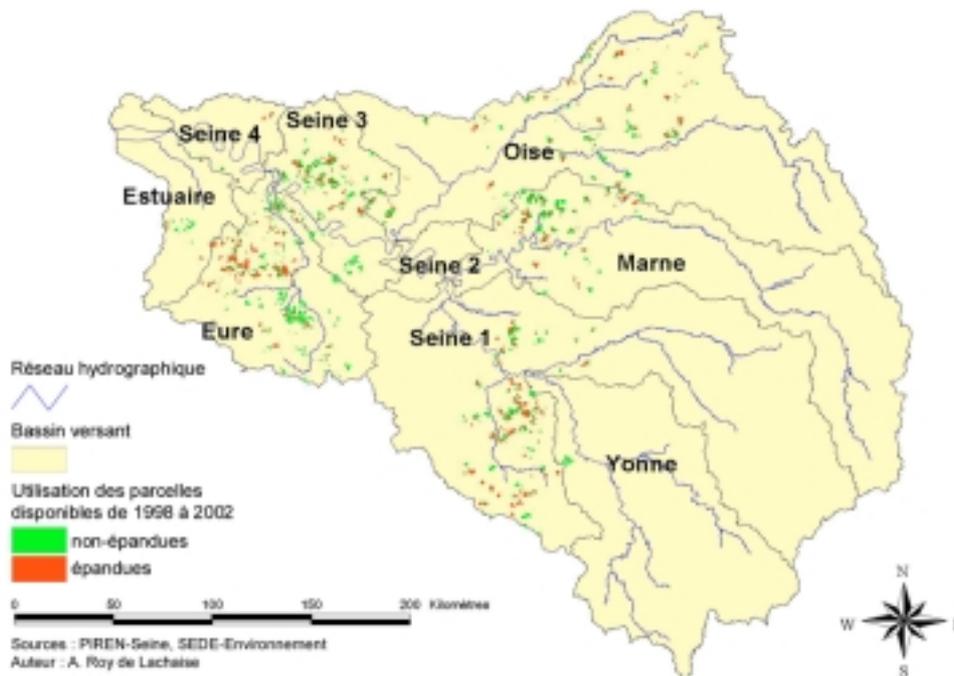


Figure 4: Spatialisation du parcellaire disponible pour l'épandage des boues sur le bassin versant de la Seine

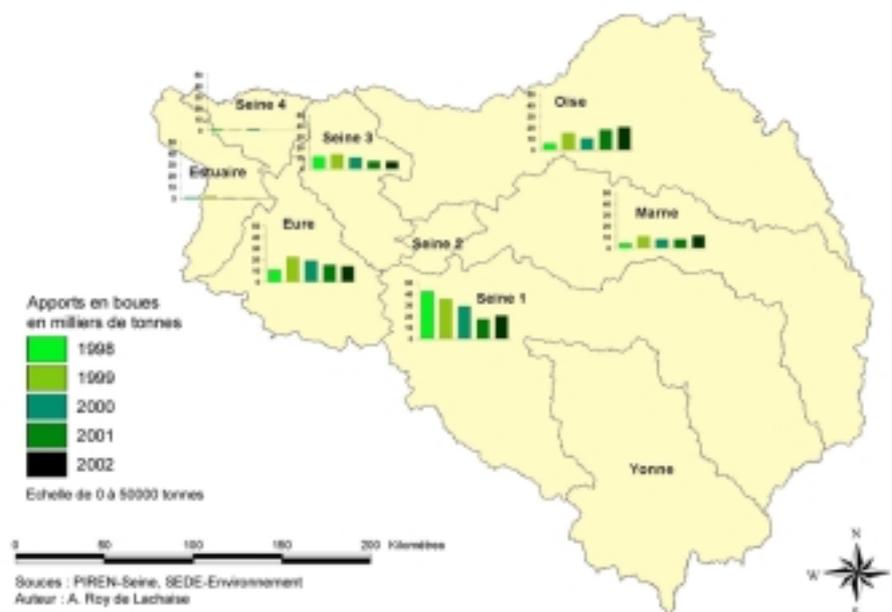


Figure 5 : Évaluation des apports annuels de boues sur le bassin versant de la Seine de 1998 à 2002.

### 3.1.2 Evolution des teneurs en POP dans les boues urbaines de 1998 à 2002

Nous avons considéré les cinq sous-bassins où les quantités moyennes annuelles de boues épandues étaient supérieures à 1000 tonnes sur la période d'étude : Seine 1, Eure, Seine 3, Oise et Marne. Concernant les HAP, les valeurs sont comprises entre 1 et 2 mg/kg et restent constantes de 1999 à 2001 (Tableau 2). Une légère diminution est observée pour chacun des sous-bassins en 2002. Sur le bassin Seine 3, on relève la plus grande moyenne des teneurs en 1999 (1,67 mg/kg) et la plus petite teneur sur le bassin Seine 1 en 2002 (0,96 mg/kg).

Concernant les PCB, les valeurs sont également très stables et comprises entre 0,2 et 0,4 mg/kg excepté Seine 1. Ce dernier a des valeurs inférieures à 0,2 mg/kg sauf pour l'année 2001 dont la teneur moyenne annuelle est de 0,54 mg/kg.

Tableau 2 : Evolution des teneurs totales en HAP et en PCB dans les boues de STEP épandues sur les sous-bassins de 1999 à 2002.

	Seine 1		Seine 3		Oise		Marne		Eure	
mg/kg	HAP	PCB	HAP	PCB	HAP	PCB	HAP	PCB	HAP	PCB
<b>1999</b>	1,12	0,16	1,67	0,36	1,61	0,37	1,39	0,28	1,45	0,31
<b>2000</b>	1,40	0,13	1,61	0,36	1,52	0,34	1,31	0,29	1,23	0,26
<b>2001</b>	1,18	0,54	1,59	0,36	1,38	0,31	1,42	0,32	1,41	0,31
<b>2002</b>	0,96	0,18	1,31	0,42	1,17	0,34	1,24	0,40	1,25	0,37

### 3.1.3 Apports en POP par valorisation agricole des boues

Les apports en POP, déterminés à partir des teneurs annuelles moyennes et des quantités de boues épandues sont présentés sur les figures 6 et 7. En 1998, seules les boues épandues sur les sous-bassins Oise et de Seine 1 ont fait l'objet d'analyses en POP (Figure 6). Cependant, le sous-bassin Seine 1 reçoit en 1998, un apport en HAP (62,5 kg) relativement important, contre 4,5 kg pour les PCB.

Avec des teneurs moyennes annuelles en HAP constantes, les valeurs des apports en HAP dépendent des apports en boues sur la période d'étude. Ainsi, nous observons les mêmes tendances tant pour les apports en HAP que pour les apports en boues : les sous-bassins Seine 1, Eure et Seine 3 montrent une diminution des apports en HAP et les sous-bassins Oise et Marne ont des valeurs relativement constantes. Le sous-bassin Seine 1 possède les valeurs les plus élevées, proches de 40 kg

pour les années 1999 et 2000. Entre 2001 et 2002, les apports varient peu pour l'ensemble des sous-bassins dont les valeurs sont comprises entre environ 26,7 kg pour Oise et 9 kg pour Seine 3.

Le sous-bassin de l'Eure a globalement reçu les apports les plus élevés. Pour les sous-bassins Eure et Seine 3, les tendances des apports en PCB sont équivalentes aux tendances des apports en boues (Figure 7). Il en est de même pour Seine 1, sauf pour l'année 2001 qui enregistre un pic d'apport en PCB de 9,65 kg lié à une teneur élevée en polluant. En 2001 et 2002, l'augmentation des apports en PCB sur les sous-bassins Oise et Marne résulte principalement de teneurs moyennes annuelles plus élevées dans les boues.

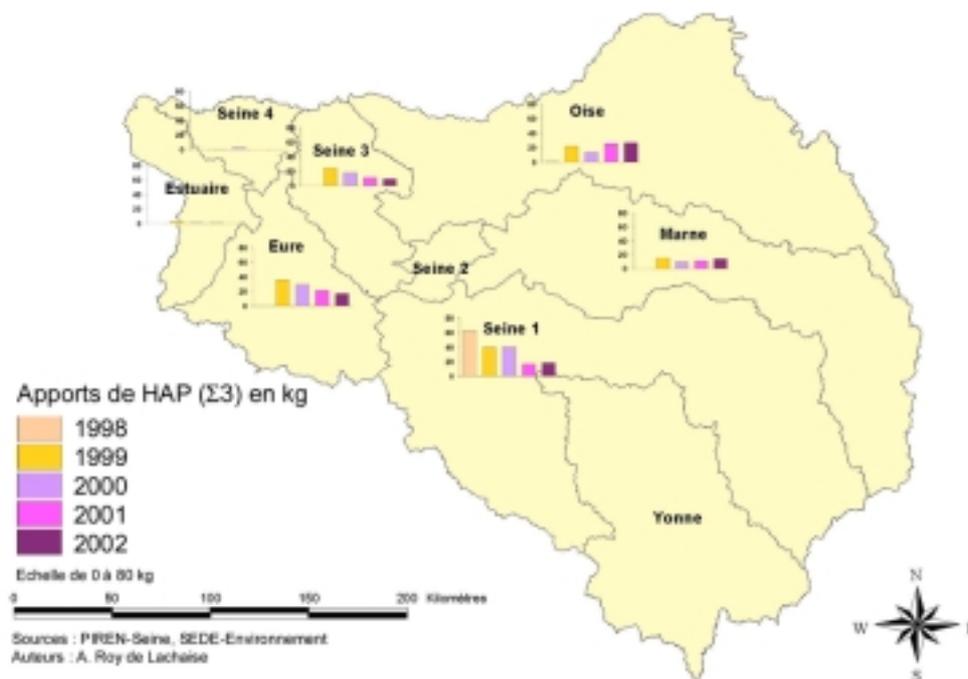


Figure 6 : Évaluation des apports de HAP par les boues de STEP sur le bassin versant de la Seine de 1998 à 2002.

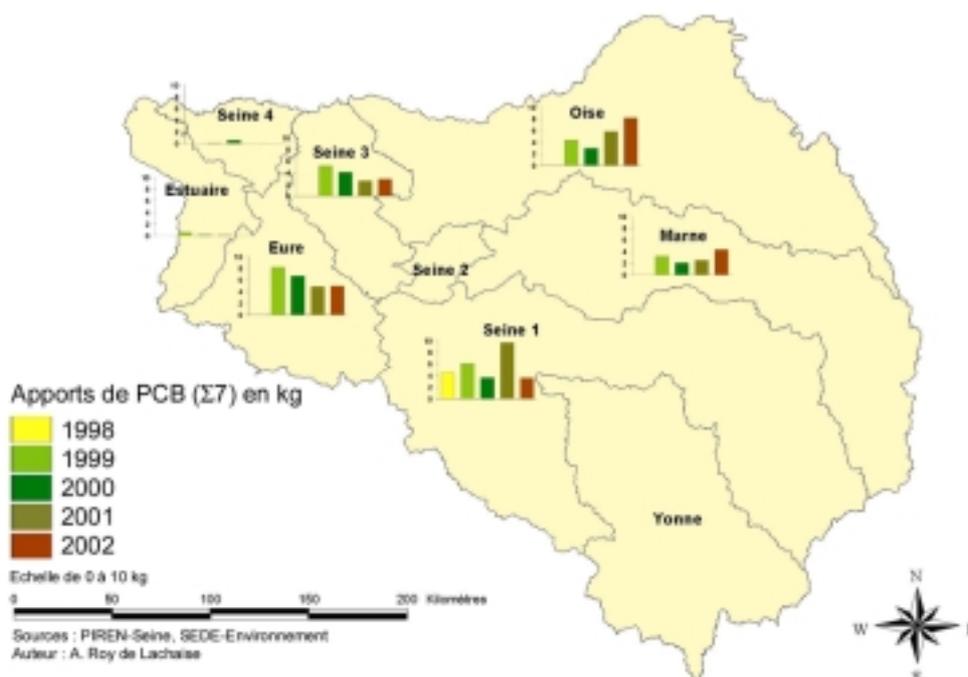


Figure 7 : Évaluation des apports de PCB par les boues de STEP sur le bassin versant de la Seine de 1998 à 2002. Apports en POP par les retombées atmosphériques totales.

### 3.2. Apports en POP par les retombées atmosphériques totales

La spatialisation des flux annuels en POP étudiés, dépend des paramètres de calcul : densité de population et pluviométrie par commune. Tout d'abord, les flux supérieurs à 20  $\mu\text{g}/\text{m}^2$  pour les HAP et 8  $\mu\text{g}/\text{m}^2$  pour les PCB sont répartis dans les grandes agglomérations et leur couronne. De plus, le long des cours d'eau principaux du bassin versant de la Seine les valeurs sont comprises entre 10 et 20  $\mu\text{g}/\text{m}^2$  pour les HAP et entre 6 et 8  $\mu\text{g}/\text{m}^2$  pour les PCB (Figure 8 et Figure 9).

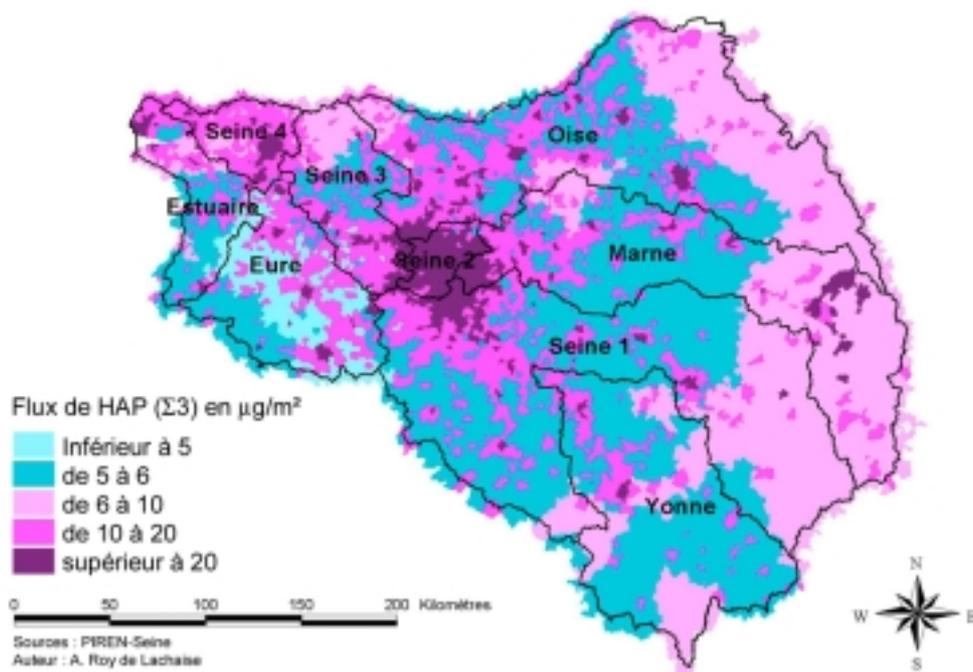


Figure 8 : Évaluation des flux de HAP par les retombées atmosphériques totales sur le bassin versant de la Seine en 2001.

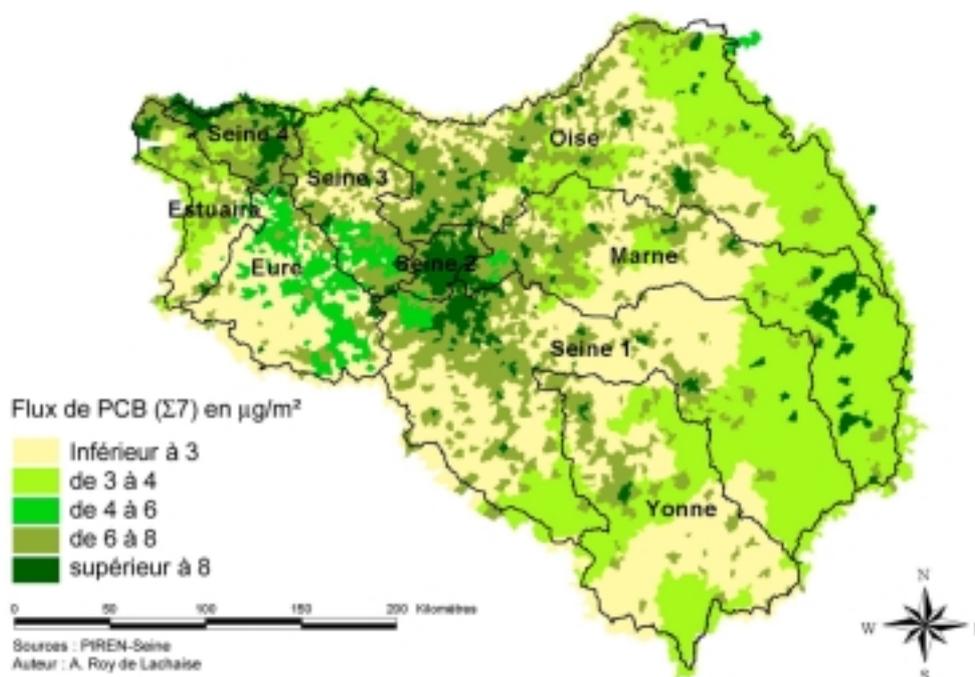


Figure 9 : Évaluation des flux de PCB par les retombées atmosphériques totales sur le bassin versant de la Seine en 2001.

La région parisienne apparaît comme la zone la plus exposée au flux atmosphérique de POP avec un apport plus important de HAP comparé à ceux de PCB.

Dans les régions les moins anthropisées de toute la partie orientale, la pluviométrie est le principal facteur qui détermine les flux de POP qui sont compris entre 6 et 10  $\mu\text{g}/\text{m}^2$  pour les HAP et entre 3 et 4  $\mu\text{g}/\text{m}^2$  pour les PCB (Figure 8 et Figure 9).

Les répartitions des apports atmosphériques en HAP et en PCB, à l'échelle communale, sont similaires. Cependant la distribution annuelle des HAP (5 à 20  $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ) est plus hétérogène que celle des PCB : 3 à 8  $\mu\text{g}/\text{m}^2$  (Figure 10 et Figure 11). Compte tenu des concentrations en HAP dans les précipitations supérieures à celles en PCB dans les centres urbains, seules les villes de Reims et Fontainebleau présentent des valeurs de dépôts atmosphériques en PCB supérieures à 1 kg/an. Pour les HAP, les valeurs de dépôts supérieures à 1 kg/an concernent : Le Havre, Reims, Sainte-Ménéhould, Laon, Compiègne, Gien, Tonnerre, Auxerre, Saint-Dizier, Chaumont et Nogent.

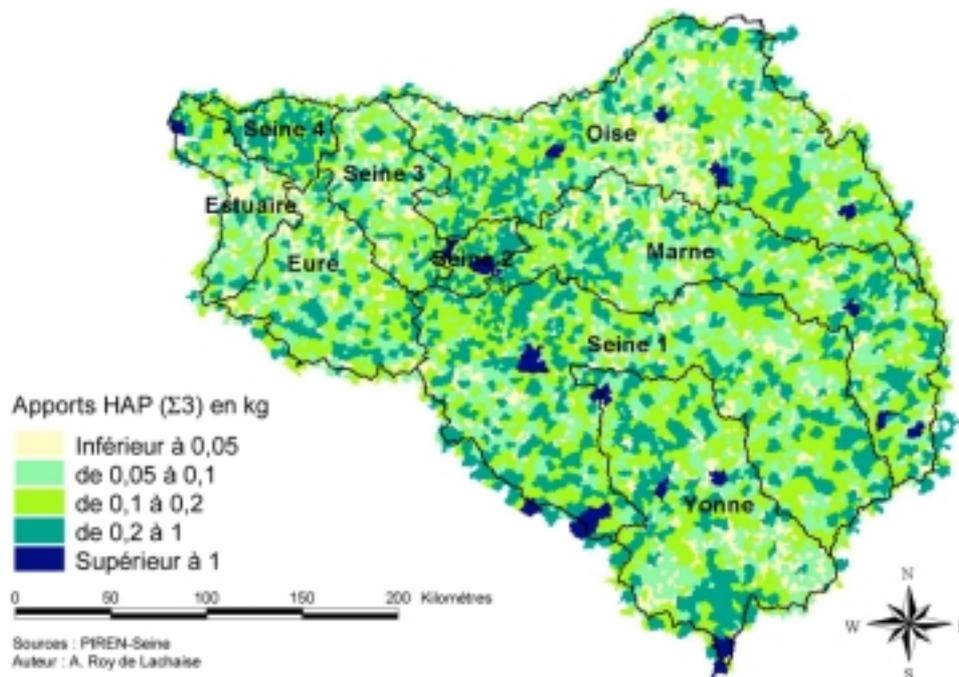


Figure 10 : Evaluation des apports atmosphériques en HAP sur le bassin versant de la Seine en 2001

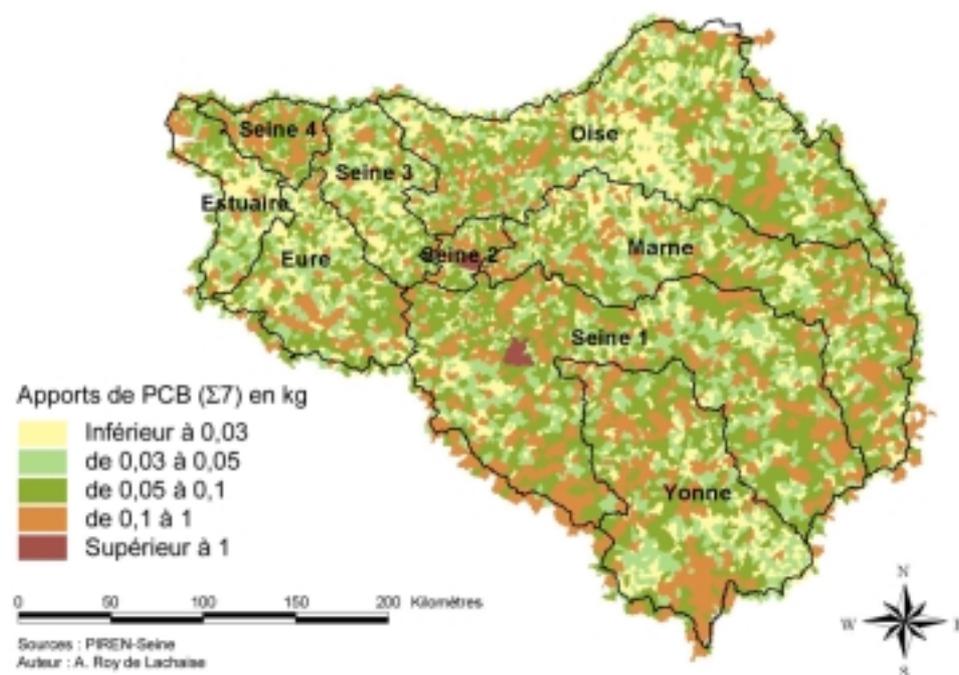


Figure 11 : Evaluation des apports atmosphériques en PCB sur le bassin versant de la Seine en 2001.

### 3.3. Comparaison des apports par épandage et par dépôt atmosphérique en 2001

#### 3.3.1 Comparaison des deux modes d'apport à l'échelle du bassin de la Seine et de deux sous-bassins : Eure et Marne

En 2001, pour les HAP, le bassin versant de la Seine présente des apports par valorisation agricole évalués à 86 kg contre 796 kg par les retombées atmosphériques et pour les PCB, de 26 kg contre 355 kg (Tableau 3). Ainsi, la valorisation agricole contribue seulement à 10% des apports totaux en HAP et à 7% des apports totaux en PCB (Figure 12).

Tableau 3 : Apports annuels en POP (kg) sur différents bassins versants

Année 2001		Seine	Seine 1	Seine 3	Oise	Marne	Eure
HAP	Boues	86	17	11	26	12	21
	Atmosphère	796	187	49	181	130	57
	Total	882	205	61	207	143	79
PCB	Boues	26	9,6	2,6	5,8	2,5	4,8
	Atmosphère	355	85	21	81	59	25
	Total	381	95	24	87	62	30

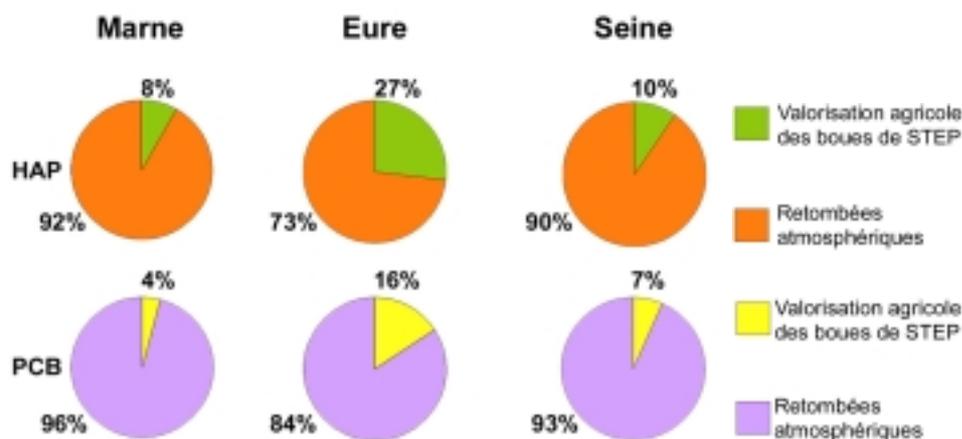


Figure 12 : Apports en POP en % sur le bassin de la Seine, de la Marne et de l'Eure.

Sur le bassin de l'Eure, le parcellaire d'épandage présente une répartition plus homogène sur sa surface contrairement à la Marne dont le parcellaire est concentré vers l'Ouest du bassin versant. Les épandages sur l'Eure représentent 27% des apports en HAP et les épandages sur la Marne seulement 8% (Figure 12). De même, les épandages sur l'Eure représentent 16% des apports totaux en PCB au bassin de la Seine et tandis que sur la Marne ils représentent seulement 4%.

Globalement, les apports atmosphériques restent dominants. Cependant, sur l'Eure l'importance du nombre d'épandages (158 contre 61 sur la Marne) entraîne une plus forte contribution à la charge polluante des sols agricoles.

#### 3.3.2 Evaluation globale de la charge polluante

##### A l'échelle des bassins

A l'échelle du bassin versant de la Seine, les apports atmosphériques en HAP et PCB sont environ dix fois supérieurs aux apports par valorisation agricole des boues de STEP, avec des rapports

"Atmosphères"/"Boues" du même ordre de grandeur pour chacun des composés (Tableau 4). Notons que la charge polluante en HAP est deux fois plus importante que la charge polluante en PCB, comme pour leurs apports respectifs.

A l'échelle des bassins Marne et Eure, les rapports de charges polluantes entre les deux sources d'apports sont différents de ceux calculés pour la totalité du bassin versant de la Seine. Pour les deux sous-bassins, les charges polluantes atmosphériques de chaque composé ont des valeurs proches : respectivement pour Marne et Eure, 10,2 g/km<sup>2</sup> et 9,6 g/km<sup>2</sup> en HAP et 4,6 g/km<sup>2</sup> et 4,3 g/km<sup>2</sup> en PCB.

Les charges de POP, par valorisation agricole des boues de STEP, ne sont pas équivalentes d'un sous-bassin à l'autre. En effet, la Marne a des valeurs proches de la charge totale du bassin versant de la Seine (0,9 g/km<sup>2</sup> de HAP et 0,2 g/km<sup>2</sup> de PCB), alors que l'Eure présente des valeurs environ quatre fois supérieures (3,5 g/km<sup>2</sup> de HAP et 0,8 g/km<sup>2</sup> de PCB).

Tableau 4 : Evaluation des charges polluantes annuelles en g/km<sup>2</sup> sur différents sous bassins .

Année 2001		Seine	Seine 1	Seine 3	Oise	Marne	Eure
<b>HAP</b>	Boues	1,1	0,8	2,8	1,5	0,9	3,5
	Atmosphère	10,4	9,5	12,1	10,7	10,2	9,6
	Totaux	11,5	10,3	14,9	12,2	11,1	13,1
<b>PCB</b>	Boues	0,3	0,5	0,6	0,3	0,2	0,8
	Atmosphère	4,6	4,3	5,2	4,8	4,6	4,3
	Totaux	4,9	4,8	5,8	5,1	4,8	5,1

Cette normalisation par km<sup>2</sup> de la superficie des bassins permet de comparer leur exposition moyenne à deux sources de contamination, mais ne permet pas de l'évaluer au niveau des sols agricoles épandus.

#### *A l'échelle des parcelles épandues*

A l'échelle de la superficie épandue sur chacun des sous-bassins de la Seine et de la totalité du bassin de la Seine, les charges polluantes en POP apportées par l'épandage des boues sont très largement supérieures aux charges polluantes atmosphériques (Tableau 5), les charges atmosphériques restant, à cette échelle du même ordre de grandeur.

En comparant les sous-bassins Marne et Eure en 2001, nous remarquons que leurs valeurs de charges polluantes en POP sont quasiment équivalentes tant pour la contamination par les épandages de boues (respectivement pour Marne et Eure : 1871 et 1819 g/km<sup>2</sup> de HAP et 425 et 416 g/km<sup>2</sup> de PCB) que pour la contamination par les retombées atmosphériques (respectivement pour Marne et Eure : 6,7 et 5,9 g/km<sup>2</sup> de HAP et 3,4 et 2,8 g/km<sup>2</sup> de PCB).

Tableau 5 : Evaluation des charges polluantes annuelles en g/km<sup>2</sup> à l'échelle des surfaces épandues.

Année 2001		Seine	Seine 1	Seine 3	Oise	Marne	Eure
<b>HAP</b>	Boues	1900	1757	2324	1926	1871	1819
	Atmosphère	7,7	9,9	9,8	7,2	6,7	5,9
<b>PCB</b>	Boues	562	1012	532	439	425	416
	Atmosphère	3,61	4,5	4,5	3,5	3,4	2,8

Ces résultats permettent d'estimer et de comparer la contribution de chaque source de contamination en POP à l'échelle du parcellaire d'épandage des boues urbaines. Ils soulignent ainsi le caractère ponctuel de la contamination par les boues et le caractère diffus de la contamination par les retombées atmosphériques.

De plus, l'arrêté du 8 janvier 1998 concernant les prescriptions techniques applicables aux épandages de boues sur les sols agricoles, autorise des flux maximum cumulés apportés par les boues

en 10 ans, exprimés en g/km<sup>2</sup>, de 7500 pour le fluoranthène, 4000 pour le benzo-b-fluoranthène, 3000 pour le benzo-a-pyrène et 1200 pour le total de 7 PCB. Compte tenu de cette réglementation, nous avons considéré le cas-type d'un parcellaire recevant un épandage (qui serait équivalent à celui de 2001) par décennie. Nous avons ensuite comparé la charge totale apportée aux parcelles sur la base de cet épandage aux apports atmosphériques supposés constants sur 10 ans (Tableau 6).

Tableau 6 : Evaluation décennale des charges polluantes totales en g/km<sup>2</sup> sur différents sous bassins .

	g/km <sup>2</sup>	Seine	Seine 1	Seine 3	Oise	Marne	Eure
<b>Flux atmosphérique sur 10 ans</b>	HAP	36	45	45	35	34	28
	PCB	77	99	98	72	67	59
<b>Flux de boue en 2001</b>	HAP	1900	1757	2324	1926	1871	1819
	PCB	562	1012	532	439	425	416
<b>Flux totaux évalué sur 10 ans</b>	HAP	1936	1802	2369	1961	1905	1847
	PCB	639	1111	630	511	492	475
<b>Limites réglementaire sur 10 ans</b>	HAP				14500		
	PCB				1200		

La charge polluante en HAP calculée sur 10 ans, est environ 7 fois inférieure à la limite réglementaire. Cependant pour les PCB, l'écart entre les valeurs calculées et la limite réglementaire, n'est plus que d'un facteur 2.

#### 4. Conclusions et perspectives

Par l'acquisition des données sur l'épandage des boues du SIAAP, nous avons évalué la distribution des apports en POP à l'échelle du bassin versant et de sous-bassins de la Seine. De plus, les résultats sur la contamination des dépôts atmosphériques, sur différents milieux anthropisés (Garban, *et al.* 2000), ont permis de calculer, à l'échelle d'un bassin versant, les apports atmosphériques de ces mêmes POP.

Par comparaison des sources de contamination en 2001, nous avons estimé que les apports atmosphériques étaient environ 10 fois supérieurs aux apports par valorisation agricole des boues urbaines quels que soient les sous-bassins concernés. La contamination par les boues d'épuration est ponctuelle, contrairement à la contamination par voie atmosphérique, qui est diffuse. Cependant, bien que la contribution générale des épandages soit inférieure à celle de l'atmosphère, elle n'est pas négligeable sur des bassins versants comme celui de l'Eure où la pratique constitue 27% des apports en contaminants. Par ailleurs, si on normalise les apports de l'épandage à la superficie du bassin versant de l'Eure ou à celle des parcelles agricoles épandues, la pression anthropique ponctuelle liée à cette activité est particulièrement élevée sur ce bassin versant.

Pour l'année 2004, nos perspectives sont de compléter la base de données sur les épandages par des données issues des dix stations d'épuration du bassin versant de la Seine produisant le plus de boues recyclées en valorisation agricole. Ceci permettra de réaliser une étude plus exhaustive. Dans un deuxième temps, nous établirons une comparaison des apports des sources, pour l'année 2000, au cours de laquelle d'autres prélèvements atmosphériques ont été réalisés. Enfin, nous tenterons d'évaluer la source de contamination des POP par l'épandage de déchets d'élevage.

#### 5. Bibliographie

- ADEME, Ed. (2001). Les boues d'épuration municipales et leur utilisation en agriculture. Dossier documentaire. Paris : 59 p.
- Garban B., Ollivon D., Teil M. J. and Blanchard M. (2002). Activités humaines et transferts de polluants organiques persistants (POP). Programme *PIREN-Seine* : rapport de synthèse 1998-2001. Paris : 34 p.

*Rapport PIREN Seine 2003 : Action 4.3.3.*

-Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement, 1998. Arrêté du 8 janvier 1998. **97/1133** : pp 1563 -1571.