

## 4.3.2. Valorisation agricole des boues urbaines et industrielles : impact à l'échelle des bassins versants

A. Roy de Lachaise<sup>1</sup>, M. Blanchard<sup>1</sup>, MJ Teil<sup>1</sup>, D. Duriez<sup>5</sup>, A. Branthomme<sup>4</sup>, S. Théry<sup>2</sup>, J-M. Mouchel<sup>3</sup>, M. Chevreuil<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ecole Pratique des Hautes Etudes/Laboratoire Hydrologie et Environnement

<sup>2</sup> UMR Sisyphe 7619/Université Paris VI

<sup>3</sup> Ecole Nationale des Ponts et Chaussées / Centre de Recherche Eau Ville Environnement

<sup>4</sup> Syndicat Interdépartemental d'Assainissement de l'Agglomération Parisienne

<sup>5</sup> SEDE Environnement

PIREN-Rapport-Lachaise-432-2003-03-11.doc

4.3.2. Valorisation agricole des boues urbaines et industrielles : impact à l'échelle des bassins versants	1
1. Introduction	1
2. Contexte général des boues d'épuration	2
2.1. Contexte de gestion durable des boues urbaines	2
2.2. Principales origines des boues urbaines et industrielles	3
2.3. Les boues dans le monde et en Europe	3
2.4. Les filières d'élimination des boues d'épuration en France	4
3. Contamination des boues	5
3.1. Les microorganismes pathogènes	6
3.2. Les Eléments Traces Métalliques (ETM)	6
3.3. Les Composés Traces Organiques (CTO)	6
4. Démarche et résultats	8
4.1. Démarche	8
4.2. Premiers résultats	9
5. Perspectives	10
6. Références	11

### 1. Introduction

Le rôle des stations d'épuration des grandes agglomérations urbaines est d'améliorer la qualité des eaux usées collectées, pour limiter les perturbations sur les hydrosystèmes de surface. Ainsi, l'épuration des eaux usées élimine une grande partie des contaminants organiques et métalliques provenant des activités domestiques, commerciales ou industrielles. Cependant, les techniques d'épuration produisent simultanément des boues, considérées comme un déchet.

Comme pour tout déchet, il existe une volonté d'éliminer ou de valoriser les boues afin de ne pas encombrer ou polluer l'environnement. Elles sont immédiatement traitées, après leur production soit incinérées, soit stockées en décharge (classe II), soit finalement valorisées comme fertilisant en agriculture. Cependant, il faut souligner que malgré les traitements, les boues présentent des teneurs en polluants organiques persistants (POP) relativement élevées par rapport aux concentrations des eaux usées. Cet inconvénient pose évidemment un problème, en particulier dans la filière de valorisation agricole.

Ce problème est, d'abord, d'ordre socio-économique. En effet, les industries agroalimentaires du fait des contraintes réglementaires refusent d'acheter les productions agricoles ayant subi une

fertilisation par les boues d'épuration : l'exemple le plus flagrant est l'industrie meunière en relation avec les producteurs de blé. Ainsi, la plupart des exploitants refusent d'utiliser les boues comme fertilisant. Quelles sont donc les solutions, alors qu'en France, la production de boues est vouée à augmenter de près de 53% d'ici 2005, que le stockage par mise en décharge des boues a été interdit à partir juillet 2002 pour ne plus exister en 2015 (directive européenne du 26 avril 1999) et que l'incinération reste une technique onéreuse ?

Du fait de l'augmentation progressive de la quantité des boues d'épuration, de leur contenu en contaminants organiques et minéraux, et enfin du contexte socio-économique, il est nécessaire d'évaluer l'impact lié à la valorisation agricole et les risques environnementaux que cette pratique peut ou a pu engendrer. L'apport des POP sur le bassin versant de la Seine par cette activité doit prendre en compte ses paramètres typologiques et dimensionnels (activité agricole, pédologie, climat...). Sur la base d'un bassin expérimental (Marne, Oise, Yonne, Aisne, Eure ou Aube), un bilan des flux de POP sera réalisé grâce l'intégration de données et leur spatialisation dans un S.I.G. (Système d'Information Géographique).

## **2. Contexte général des boues d'épuration**

### **2.1. Contexte de gestion durable des boues urbaines**

En réalité, trois contraintes sont à prendre en compte dans la gestion durable des boues urbaines.

Tout d'abord une contrainte environnementale : les risques de contamination des sols, des eaux souterraines ou superficielles doivent être quasiment nuls. En effet, les boues contiennent des polluants d'origine organique, minérale et des micro-organismes pathogènes. Des problèmes sanitaires sont également soulevés, car il existe une possibilité de contamination directe ou indirecte de la population. Les contaminations directes atteignent les personnes qui manipulent les boues comme les agriculteurs, les employés de syndicats d'épuration par exemple. On peut imaginer que les contaminations indirectes peuvent toucher des populations à proximité de terrain fertilisé par des boues qui pourraient polluer des eaux de consommation.

Une contrainte économique, le traitement, le transport et l'élimination des boues (valorisation agricole, incinération et mise en décharge) à un coût de 380 €/tonne de matière sèche en moyenne (ADEME, 2002). Cette somme correspond alors à 50% du coût total de l'épuration. La CEE y consacre au total 4 milliards d'euros.

Enfin, la surface disponible pour l'épandage : la valorisation agricole des boues est pratiquée sur seulement environ 3% de la SAU (Surface Agricole Utile) en France. Les raisons principales de ce faible pourcentage sont des interrogations sur les risques potentiels de l'épandage de boues sur la qualité des cultures. Il faut également mentionner les exigences des industries agro-alimentaires sur la traçabilité de leurs matières premières. Sous l'influence de la normalisation et de la réglementation phytosanitaire, ces industries refusent l'achat de produits ayant subi une fertilisation par les boues issues de l'assainissement.

Cependant, les quantités de boues, en France et en Europe, vont augmenter d'ici à 2005. Il est prévu en Europe une augmentation de 7,5 millions à 10 millions de tonnes de matières sèches d'ici à 2005. Cette augmentation représente 12% de la production française. En ce qui concerne la France, la production était de 850.000 t de MS en 2000 et sera probablement de 1.300.000 t de MS en 2005, soit une augmentation de 53% (ADEME, 1998). Cette augmentation résulte en partie de l'obligation des communes à s'équiper d'une installation d'épuration.

La question actuelle de la valorisation agricole des boues est à débattre. Le refus des agriculteurs d'épandre des boues sur leurs parcelles et l'augmentation de la production de boues, amènent à réfléchir sur des solutions alternatives. Malheureusement, celles-ci sont peu nombreuses. Il y a tout de même la reconstitution de sols et la végétalisation lors de travaux d'aménagement routier : ces techniques permettent d'aider au développement d'un couvert végétal par l'apport d'une quantité

élevée de matière organique. Des progrès restent à faire, principalement pour améliorer la filière d'épuration et réduire la production.

## **2.2. Principales origines des boues urbaines et industrielles**

Lorsque que nous parlons de boues, nous nous orientons tout de suite vers les boues d'assainissement urbaines. Il ne faut pas oublier que certaines industries ont leurs propres installations d'assainissement : en particulier les usines de produits chimiques, les raffineries pétrolières ou encore les papeteries.

Les boues urbaines issues de l'assainissement proviennent de deux sources : le curage de la voirie et l'épuration dans les stations d'assainissement des eaux usées domestiques, commerciales et industrielles.

Les boues de curage sont le résultat de l'accumulation des particules qui ont été érodées sur les chaussées : sable, graviers, matières organiques... Elles s'accumulent dans le réseau de canalisations qui est nettoyé régulièrement. Par exemple, la production parisienne est de plus de 100.000 m<sup>3</sup>/an. En moyenne, cela représente 18kg/habitant/an de matières brutes (ADEME, 2000).

Les boues urbaines sont également issues du traitement des eaux usées en station d'épuration. La qualité des boues dépend donc de l'origine des eaux usées qui ont été traitées. La pollution provient de trois origines et se retrouve dans les boues en fin de circuit de STEP : les eaux domestiques, les eaux d'entreprises commerciales ou industrielles, les eaux pluviales. Toutes les eaux usées ou pluviales contiennent des substances telles que des matières organiques biodégradables et des solvants, des micropolluants métalliques et/ou organiques (ADEME, 2000).

Les boues produites par le décanteur primaire et le décanteur secondaire (biologique ou physico-chimique) représentent en moyenne en France une quantité de 15 kg de MS/habitant/an (ADEME, 2000).

Des boues sont également produites par les usines de potabilisation d'eau de rivière. Elles sont le produit de techniques telles que la floculation et la décantation. Enfin, d'autres boues ont pour origine le curage des voies navigables et des zones portuaires : pour exemple, les canaux du bassin Artois-Picardie en produisent 200.000 tonnes par an (ADEME, 2000).

## **2.3. Les boues dans le monde et en Europe**

Les pays européens (Allemagne, Royaume-Uni, France, Italie, Espagne) et la Suisse ont une production d'environ 7,7 millions de tonnes/an de MS pour environ 280 millions d'habitants. Cette valeur est inférieure aux USA et au Canada qui produisent 8,8 millions de tonnes/an de MS pour environ 260 millions d'habitants (ADEME et Cabinet Arthur Andersen, 1999), soit respectivement 27,5 kg/habitant/an et environ 34 kg/habitant/an.

En Europe, l'Allemagne est le plus grand producteur de boues (2,7 millions de tonnes/an de MS soit 40 kg/habitant/an), c'est à dire trois fois plus que l'Espagne (700.000 tonnes/an de MS soit 14 kg/habitant/an). Loin derrière l'Allemagne se situe le Royaume-Uni (1,1 millions de tonnes/an de MS soit 18 kg/habitant/an), puis la France (850.000 de tonnes/an de MS soit 15 kg/habitant/an) et l'Italie (800.000 de tonnes/an de MS soit 15 kg/habitant/an).

Quelle que soit la quantité de boues produites des débats sérieux ont été ouverts dans au moins la moitié des pays européens Les choix politiques européens ont permis de s'apercevoir qu'une majorité de ces pays était favorable à l'épandage agricole des boues de STEP.

Les débats sur la politique de gestion des boues ont été ouverts par les Pays-Bas en 1985. Après 5 à 6 ans, le pays a opté pour rendre l'épandage quasiment impossible en imposant des teneurs seuils en éléments trace très basses. La Belgique flamande a mis en place les mêmes directives au alentour de 1998. Ces deux pays rédigeront une réglementation adaptée. L'épandage des boues en Flandre et aux Pays-Bas représente cependant, respectivement 20 et 4 % des modes d'élimination des boues contre 60 et 48 % pour la mise en décharge.

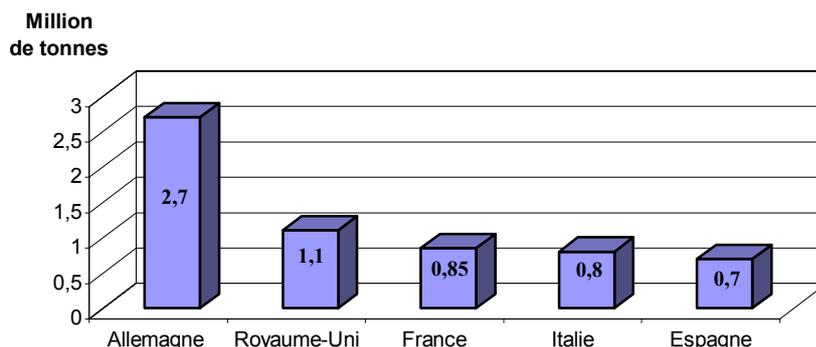


Figure 1: Production de boues dans différents pays d'Europe (sources ADEME)

Au contraire, la Suède et le Royaume-Uni ont trouvé des compromis pour permettre l'épandage des boues ; la Suède étant le seule des deux pays à avoir rédigé une réglementation à ce sujet. Cependant, ceux-ci, au même titre que d'autres pays comme l'Autriche et le Danemark, ont décidé de prendre en compte la qualité des boues. Cette démarche s'est fait dans le but de limiter les autres voies d'élimination qui sont toujours en activité, surtout au Royaume-Uni (épandage, mise en décharge, incinération, végétalisation, rejet en mer et autres).

En Allemagne, au Danemark, en Finlande et en France, les débats sont en cours, avec une tendance favorable à l'épandage. La tendance fut d'abord de refuser. Une fois la réglementation mise en place, la tendance s'est inversée. Finalement, ces pays, malgré des boycotts ou des recommandations de la profession agricole, ont réussi à s'orienter vers un type d'élimination des boues : l'épandage agricole.

Pour l'Union Européenne, la solution à privilégier est l'épandage agricole des boues. Mais des discussions ont été lancées pour la révision de la directive n°86/278/CEE du 12 juin 1986 sur l'utilisation en agriculture des boues municipales.

#### 2.4. Les filières d'élimination des boues d'épuration en France

Les voies d'élimination française des boues provenant des stations d'épuration sont :

- l'épandage agricole pour 60 %, soit 510.000 tonnes de MS/an
- l'enfouissement en décharge pour 25 %, soit 210.000 tonnes de MS/an
- l'incinération pour 15 % soit 130.000, tonnes de MS/an (ADEME, 1998)

La mise en décharge des boues de STEP est réglementée depuis l'arrêté du 9 septembre 1997.

Les boues d'épuration sont considérées comme des déchets de catégorie D : c'est à dire, qu'elles sont « fortement évolutives conduisant à la formation de lixiviats et de biogaz ». Elles doivent être constituées d'au moins 30% de matières sèches, ce qui est la seule contrainte à respecter, sauf si un arrêté préfectoral édicte des règles plus sévères. Les boues sont alors enfouies dans des centres de stockage. Les centres de stockage sont des décharges de classe II : ces catégories de site acceptent par exemple les déchets « ménagers ou assimilés ».

Toutefois, les directives européennes sur les déchets et la loi du 15 juillet 1975 stipulent que les boues d'épuration ne peuvent plus être déposées en centre de stockage depuis juillet 2002. La directive du 26 avril 1999 a mis en place une planification jusqu'en 2015 pour la réduction progressive de l'enfouissement en décharge des déchets municipaux biodégradables, dont les boues d'épuration qui ne sont pas des déchets « ultimes ».

Les caractéristiques mesurées avant l'incinération sont la teneur en matière organique et la siccité (teneur en matière sèche). Des traitements tels que le séchage thermique ou la centrifugation, sont souvent nécessaires pour augmenter la siccité des boues avant incinération.

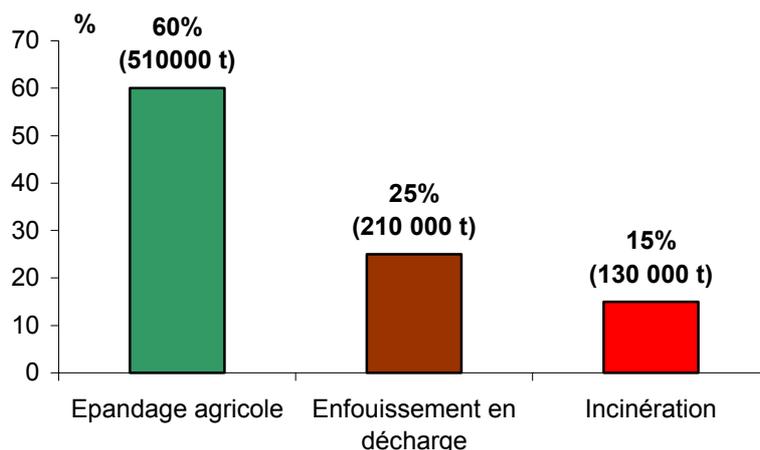


Figure 2 : Filières d'élimination des boues en France (Source ADEME)

Il y a différents types d'incinération. Le premier est l'incinération des boues seules. Ces incinérateurs admettent des boues pâteuses dont la siccité est d'environ 20%. Les boues n'étant pas auto-combustibles, la phase de démarrage requière généralement d'utiliser du fuel pour amorcer la combustion. Ce type de traitement est très coûteux et est réservé aux stations de moyenne et grande importance qui les alimentent directement *in situ* (Noisy-le-Grand, Colombes).

La deuxième solution est la co-incinération des boues avec des ordures ménagères. De manière générale cette technique n'accepte qu'une faible quantité de boues. Dans le cas contraire, l'apport important de boues peut présenter des inconvénients tels que des combustions incomplètes. Les deux techniques retenues pour la co-incinération sont « le mélange préalable avec les ordures ménagères » ou « l'injection de boues pâteuses directement dans le four d'incinération ».

L'inconvénient environnemental des techniques d'incinération est la production de fumées. Avant d'être rejetées dans l'atmosphère, les fumées sont traitées pour en éliminer les contaminants. Les cendres sont évacuées vers des décharges de classe I.

L'épandage agricole des boues constitue un mode d'amendement et de fertilisation des terres agricoles. Les boues après chaulage ou compostage contiennent potentiellement des quantités de nutriments servant à améliorer l'agronomie du sol. Cette matière organique est alors transformée par les microorganismes en matière minérale disponible pour les plantes cultivées.

Le décret 97-1133 du 8 décembre 1997 définit les étapes de la technique de valorisation agricole des boues d'épuration. Avant épandage, l'agriculteur doit constituer un « programme prévisionnel » ou « plan d'épandage ». Il s'agit de calculer les besoins agronomiques par rapport au type de culture, au type de sol et aux antécédents agronomiques de la parcelle. De même, les boues sont obligatoirement contrôlées. La réglementation exige d'épandre des quantités inférieures ou égales à 3 tonnes de boues par hectare et par an. L'épandage est réalisé soit par l'agriculteur grâce à une tonne à lisier ou par un entrepreneur spécialisé (financé par le producteur) équipé d'un matériel spécialisé. Ces travaux doivent être enregistrés sur des registres d'épandage. Le bilan agronomique annuel est également obligatoire à la fin de chaque période d'épandage. Ce bilan contient « la synthèse des informations figurant dans le registre d'épandage, le bilan de fumure et le bilan qualitatif et quantitatif des boues épandues », et sera remis à la préfecture dont dépend la parcelle d'épandage.

### 3. Contamination des boues

Il existe trois principaux types de contamination des boues d'épuration : les Microorganismes pathogènes, les ETM (Eléments Trace Métalliques) et les CTO (Composés Traces Organiques) dont font parties les micropolluants organiques persistants.

### 3.1. Les microorganismes pathogènes

Les microorganismes détectés dans les boues de STEP proviennent généralement des procédés de traitement biologique des eaux usées. La majorité d'entre eux ne présentent pas de risques pathogènes pour l'homme ou les animaux. Ces organismes sont dits saprophytes, c'est à dire qu'ils vivent aux dépens de la matière organique en décomposition. Les microorganismes pathogènes présents dans les boues d'épuration sont peu nombreux. Ils sont de cinq types : virus, bactéries, protozoaires, helminthes et champignons (Feix et Wiart, 1998).

La concentration en microorganismes des boues provient de la séparation eaux/boues grâce à la capacité de ceux-ci à s'adsorber sur la matière particulaire ou à décanter. Des traitements sont réalisés pour réduire la charge en organismes pathogènes. Il semble que les facteurs les plus efficaces soient la température et le couple température/temps (Feix et Wiart, 1998).

L'efficacité d'un traitement sur les germes pathogènes est mesurée par le taux de réduction de la contamination lors du traitement mais aussi par la capacité de re-croissance ultérieure des populations pathogènes (Feix et Wiart, 1998).

Enfin, après épandage des boues, les microorganismes sont détectés à la surface du sol ou des végétaux (sans y pénétrer) ou à faible profondeur dans le sol. La durée de vie des populations d'agents pathogènes est fonction de la capacité propre de chaque organisme et également de nombreux paramètres comme le climat (température, insolation et humidité). Ainsi, les populations de microorganismes décroissent plus rapidement lors d'épandage de surface, plutôt que d'enfouissement dans le sol des boues. De même, le ruissellement à la surface de sols nus est la principale cause du risque de contamination des eaux car l'eau transporte les particules du sol sur lesquelles sont adsorbés les microorganismes. Ainsi des techniques d'hygénéisation sont mises en place (Feix et Wiart, 1998), liées aux contraintes réglementaires : Décret 8 décembre 1997 et Arrêté du 8 janvier 1998.

### 3.2. Les Eléments Traces Métalliques (ETM)

Les ETM que l'on retrouve de manière abondante en terme de concentration sont, dans l'ordre décroissant : le fer, le zinc, le manganèse et le cuivre. Généralement les ETM se présentent sous trois formes physiques dans les eaux usées : état dissous, état colloïdal (matière solide non décantable) ou état particulaire (matière solide décantable). Pendant le traitement des eaux usées les ETM se fixent aux boues par précipitation, adsorption ou coagulation (Feix et Wiart, 1998).

En agriculture, l'utilisation de matières fertilisantes, telles que les engrais ou les amendements provoquent une contamination des sols en ETM. Plus précisément, le traitement des sols par des engrais, peut conduire à un apport non intentionnel de chrome (Cr), nickel (Ni) ou encore de cobalt (Co) contrairement aux apports volontaires des sels de cuivre, de fer (Cu) ou de zinc (Zn) (Feix et Wiart, 1998). De même, les viticulteurs emploient de la bouillie bordelaise, contenant du cuivre, afin d'éliminer le Mildiou (champignon parasite).

L'amendement agricole par les boues industrielles contamine également les sols et *à fortiori*, les hydrosystèmes par des mécanismes de transfert dépendant de paramètres physico-chimiques du sol, tels que : pH, aération et potentiel redox ou humidité. En effet, ces paramètres peuvent modifier la mobilité des ETM.

### 3.3. Les Composés Traces Organiques (CTO)

Les origines de la contamination des eaux usées et des boues résiduelles par les CTO sont aussi variées que celles par les ETM. Leurs sources sont donc les suivantes : domestiques (détergent essentiellement...), effluents industriels et/ou artisanaux, eaux de ruissellement (lessivage de chaussées...), produits utilisés dans les filières de traitements. Parmi les CTO assujettis à la norme en vigueur, figurent les polluants organiques persistants (POP), tels que les PCB ou polychlorobiphényles exprimés par la somme de 7 congénères de la norme (28, 52, 101, 118, 138, 153, 180) et trois HAP (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques) de la norme (fluoranthène, benzo-a-pyrène, benzo-b-fluoranthène). Le projet de révision de cette norme (EU 2000, working document on sludge 3° draft, 27 avril 2000, 19 p) prévoit la définition de concentrations maximales pour 6 PCB (28, 52, 101, 138,

153 et 180) et pour 11 HAP (fluoranthène, benzo-a-pyrène, benzo-b-fluoranthène, acénaphène, phénanthrène, fluorène, pyrène, benzo(j)fluoranthène, benzo(k)fluoranthène, benzo(ghi)pérylène et indeno(1, 2, 3-c,d)pyrène) et un phtalate (DEHP).

La particularité des CTO est de s'intégrer plus ou moins facilement dans les cycles de la biosphère. Ainsi 4 facteurs physico-chimiques et biologiques interviennent en ce qui concerne leur biodisponibilité : la solubilité dans l'eau, la volatilisation, l'adsorption et la dégradation biotique ou abiotique mesurée par la demi-vie (Feix et Wiart, 1998).

Le principal objectif des filières d'épuration des eaux usées est l'élimination de la pollution en composés carbonés, azotés et phosphatés. Malgré tout, une grande proportion de CTO et d'ETM est éliminée des eaux épurées. Pour les CTO, divers mécanisme se produisent :

- Volatilisation dans les bassins d'aération puis pendant la phase de traitement des boues (séchage, déshydratation, stabilisation aérobie),
- Adsorption au niveau des boues décantées,
- Dégradation,
- Néof ormation.

Donc, plus les CTO sont volatils, moins ils sont présents dans les eaux usées et dans les boues. Par exemple, le rendement moyen d'épuration des hydrocarbures aliphatiques chlorés est de 98% à 100%, tandis que celui des pesticides chlorés est de 88% à 95% et des PCB de 66% à 81% (Feix et Wiart, 1998).

Les HAP sont composés d'au moins deux cycles aromatiques. Ils ont une origine principalement anthropique et sont issus particulièrement de combustions incomplètes (transports routiers ou fluviaux) et de certaines activités industrielles. Leur origine peut aussi être naturelle : feu de forêts ou d'éruption volcanique par exemple. Les HAP ont une faible solubilité dans les phases aqueuses, mais sont liposolubles. Par leur forte volatilisation dans l'atmosphère, ils peuvent être fortement ubiquistes dans l'environnement (Palayer *et al*, 1997).

Les propriétés des PCB ont provoqué un grand intérêt industriel : inertie chimique, thermorésistance, inflammabilité et constante diélectrique élevée. Ils ont été utilisés dans l'industrie, principalement comme composant des fluides diélectriques dans les transformateurs et les condensateurs jusqu'en 1985, ainsi que dans les lubrifiants, les pesticides, les peintures ou encore les plastiques jusqu'en 1976. Ils ont été produits à grande échelle depuis 1930, avec l'ignorance de l'impact environnemental que leur stabilité pouvait induire (OMS, 1978). Les PCB sont bioaccumulables dans l'environnement et volatils, ils sont classés comme cancérigène probable. Toute nouvelle utilisation de PCB a été interdite le 1<sup>er</sup> octobre 1985 par la directive européenne 85/467.

Les boues de STEP sont principalement utilisées en valorisation agricole en tant que fertilisant. Les teneurs en HAP et PCB dans les boues sont mesurées en sortie de station. Pour pouvoir être épandues, les boues ne doivent pas avoir des teneurs dépassant les seuils édictés par l'arrêté du 8 janvier 1998.

Le devenir des CTO dans les sols est fonction de nombreux paramètres, aussi bien physiques (sorption, lixiviation, lessivage...), biologiques (assimilation passive ou active par les organismes vivants) ou physico-chimiques (solubilité dans l'eau, coefficients de partage octanol/eau...). Leur persistance dans les sols est mesurée en déterminant leur demi-vie : la demi-vie est la période après laquelle la moitié de la substance a disparu (exemple demi-vie des PCB = 7 à 25 ans suivant les sols et les composés).

Il ne faut pas oublier que certains végétaux sont exposés aux CTO après épandages des boues : mais la sensibilité varie suivant la nature des plantes cultivées.

Tableau 1 : Législation européenne des teneurs en polluants organiques persistants dans les boues en mg/kg (source SYPREA)

Micropolluants organiques		Teneurs limites	Teneurs moyenne en France	T moyenne / T limite	
				France	Seine-Aval
HAP (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques)	Fluoranthène	5	0,53	11%	24%
	Benzo(a)fluoranthène	2,5	0,39	16%	16%
	Benzo(a)pyrène	2	0,31	15%	10%
PCB (Polychlorobiphényles)		0,8	0,19	24%	64%

Chez les animaux, il y a également des possibilités d'expositions aux CTO. Les expérimentations sont rares, mais certaines ont prouvé une augmentation de la concentration en PCB dans le lait de vaches alimentées avec du fourrage ayant subi des épandages de boues (Feix et Wiart, 1998). Il existe alors un risque pour l'Homme, associée à des voies de contamination possibles :

Boues -> Sol -> Plantes -> Homme

Boues -> Sol -> Animal -> Homme

## 4. Démarche et résultats

### 4.1. Démarche

La démarche générale de cette étude est d'établir un bilan des apports de micropolluants organiques persistants sur le bassin versant de la Seine par la valorisation agricole des boues urbaines et industrielles ainsi que par d'autres sources comme le compartiment atmosphérique, voir les amendement organiques (déchets d'élevage : lisiers, fumures...).

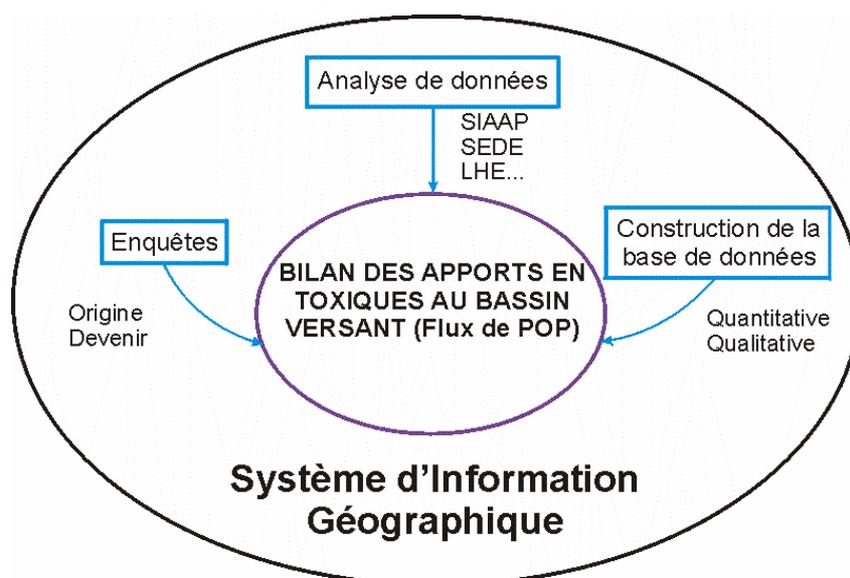


Figure 3 : Démarche d'étude sur l'étude d'impact de la valorisation agricole des boues urbaines et industrielles

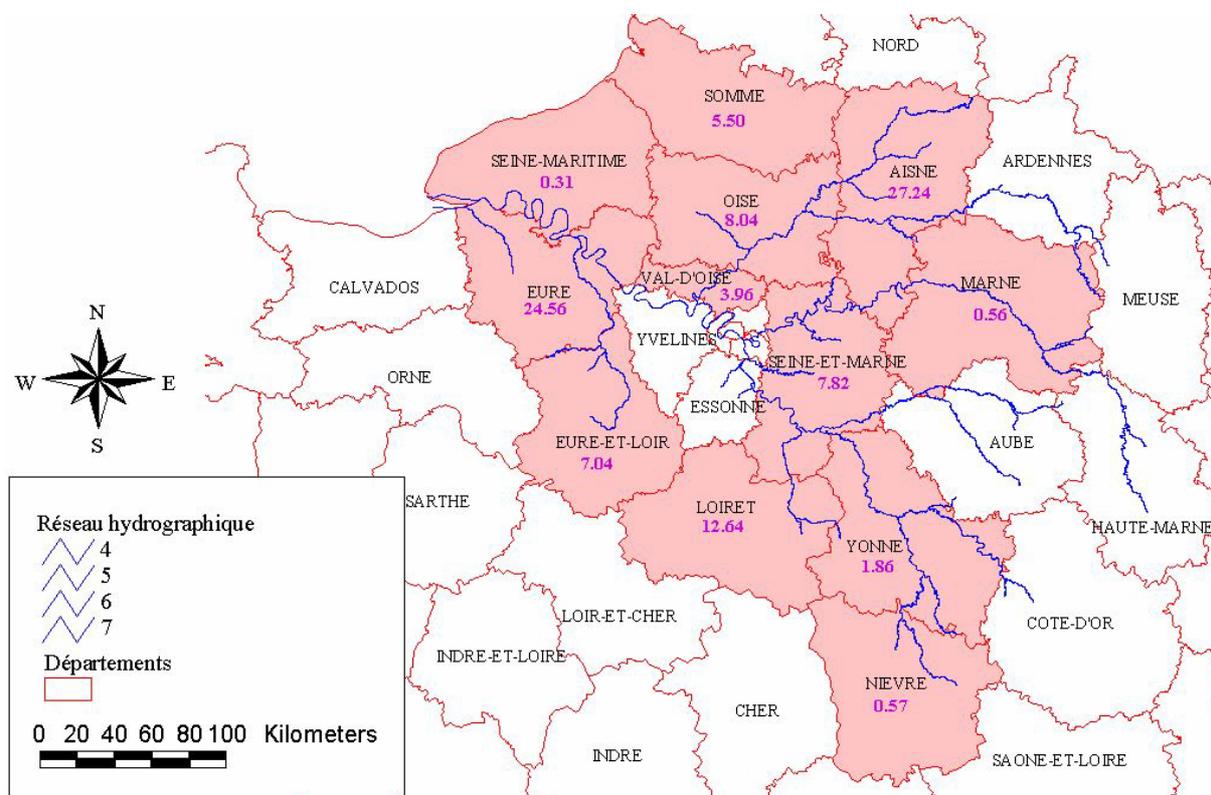
La première étape a été de rassembler des données concernant la production des boues urbaines et leur devenir. Il est donc nécessaire pour cela de prendre contact avec les acteurs concernés : producteurs de boues, préfetures, Chambres d'Agriculture, Syndicats d'épuration. Ensuite, ces données sont analysées, triées et synthétisées. Les données qui nous ont intéressés sont les bilans d'épandage car ils contiennent non seulement les informations sur les boues (quantité et qualité), mais aussi sur l'épandage (date, lieu d'épandage, nom du produit).

Les données seront alors classées dans des tableaux pour constituer une base de données par entité : bassin versant, commune, parcelles, rivières. Nous pourrons ainsi faire la représentation du modèle conceptuel de données de notre démarche SIG (Système d'Information Géographique).

Ces tableaux seront ensuite exportés sous une base de données SIG. Ainsi, chaque information sur les épandages de boues d'épurations sera reliée à une représentation graphique de la parcelle réceptrice. Ces informations sont aussi bien d'ordre quantitatif, que d'ordre qualitatif. Les différentes représentations graphiques, comme celles du bassin versant de la Seine ou de ces sous-bassins et des parcelles qui se trouvent dans leurs limites, nous permettront de travailler à plusieurs échelles.

## 4.2. Premiers résultats

D'après les bilans d'épandage 2001 de la station d'épuration *Seine Aval* (Achères) appartenant au SIAAP (Syndicat Interdépartemental de l'Assainissement de l'Agglomération Parisienne), il a été possible dans un premier temps de cartographier les quantités de boues épandues par département (Figure 4). Ensuite, l'intérêt était de passer à l'échelle de bassin versant. Il faut préciser que la station *Seine Aval* est la plus grande station d'épuration d'Europe et traite 2 millions de m<sup>3</sup> d'eaux usées par jour. La production de boues est donc conséquente avec 120.000 tonnes de boues déshydratées en 1995 (Pointeau, 1995).



quantités épandues sur les autres départements diminue progressivement de 8,04 % à 0,31% de la totalité des boues produites par la station d'épuration *Seine-Aval* en 2001. La moitié des boues de *Seine-Aval* est répartie uniquement sur deux départements pour une seule année : Eure et l'Aine.

Dans un deuxième temps, les communes concernées par les épandages ont été représentées dans leur sous-bassin respectif (Eure, Aube, Yonne, Marne, Oise, Aisne, Seine 1, Seine 2, Seine 3, Seine 4 et Essonne). Nous avons pu alors calculer approximativement la quantité de boues de *Seine-Aval* épandue en 2001 sur chaque sous-bassin.

C'est ainsi qu'en 2001, le sous-bassin versant de l'Oise a reçu 113120 tonnes de boues d'épuration. Ensuite viennent loin derrière les sous-bassins de la Marne, Seine 3, de l'Aisne et Seine 1 (les autres sous-bassins n'étant pas concernés par les épandages) sur lesquels respectivement 6400, 2630, 1690 et 1130 tonnes de boues ont été épandues. On remarque donc que 84 % des boues de la station d'Achères, ont été épandues uniquement sur le bassin versant de l'Oise pour l'année 2001.

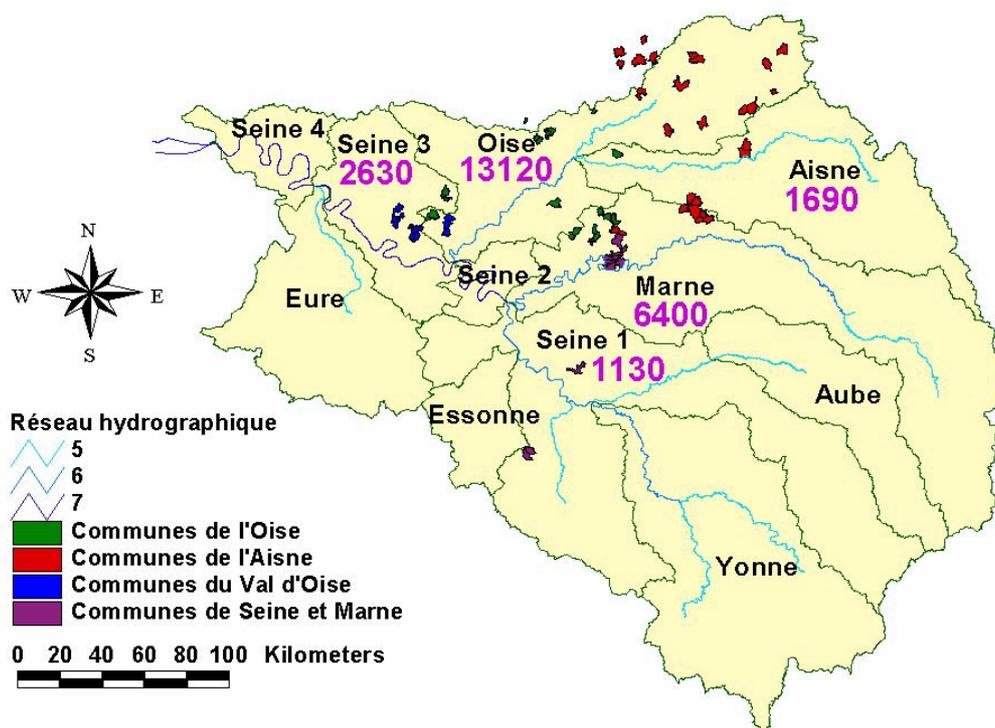


Figure 5 : Quantité des boues de Seine-Aval épandues (t) dans les sous-bassins versants de la Seine pour 2001

## 5. Perspectives

Les résultats concernant une seule station d'épuration sur une seule année, n'ont pas une valeur représentative suffisante, même si celle de *Seine-Aval* est la plus importante dans notre étude.

Nous projetons donc de continuer nos enquêtes auprès d'autres syndicats d'assainissement dont les boues sont épandues sur le bassin versant de la Seine. Le but est de constituer une base de données SIG (Système d'Information Géographique) afin de pouvoir déterminer, dans un premier temps, un sous-bassin expérimental en fonction de la quantité des boues qui y ont été épandues, puis dans un deuxième temps, de faire un bilan des apports en POP (HAP et PCB). Il sera alors possible de calculer l'impact des POP, concernant la valorisation agricole des boues d'épuration, par interpolation des résultats du sous-bassin expérimental sur l'ensemble du bassin versant de la Seine et ceci sur une période de 5 ans (1998 à 2002).

Les boues de l'industrie papetière, également épandues comme fertilisants, présentent un intérêt non négligeable, dans cette étude, car elle représentent 50 % des boues industrielles françaises.

Les données acquises sur l'épandage de ces boues, seront également intégrées dans la base de données.

Enfin, il sera intéressant de comparer les apports en HAP et PCB sur les sols par les dépôts atmosphériques et la valorisation agricole des boues. Une première estimation indique que les apports atmosphériques peuvent représenter pour les HAP 2% des apports épandus sur la parcelle et 10% pour les PCB. Par contre, à l'échelle du département de la Seine-et-Marne (5915 km<sup>2</sup>), les retombées atmosphériques représentent 97% des apports totaux de POP (Garban *et al.*, 2002).

## 6. Références

- J.O. (1997) - Décret du 8 décembre 1997, n° 97-1133, Pp 17822 - 17825.
- J.O. (1998) - Arrêté du 8 janvier 1998, n° 97-1133, Pp 1563 -1571.
- ADEME, Ed. (1998) - Les boues de station d'épuration, Journées techniques, Arcachon.
- ADEME, Ed. (2002) - Quelle évolution technologique pour mieux garantir et pérenniser une gestion durable des boues?, Journées techniques, Toulouse.
- ADEME, Ed. (2001) - Les boues d'épuration municipales et leur utilisation en agriculture, Dossier documentaire, Paris, 59 p.
- Adistar - SUIVRA - Suivi Réglementaire et Agronomique, [en ligne], SEDE - Environnement, Consulté en 2002, Adresse URL : <http://www.sede.fr/telechargement/suivra.pdf>.
- AESN, Ed. (1975) - Ressources d'eau et données hydrologiques, Les bassins de la Seine et des cours d'eau normands, Paris, Mission déléguée de Bassin Seine Normandie.
- Bispo, A., Jourdin, M. J., Schwartz, C., Levy, A., Morel, J. L. & Feix, I. (2001) - *Impact à long terme de l'épandage de boues urbaines et industrielles en agriculture*, L'eau, l'industrie, les nuisances, n° 247, 35-44.
- Feix, I. & Wiart, J. (1998) - *Connaissances et maîtrise des aspects sanitaires de l'épandage des boues d'épuration des collectivités locales*. ADEME, Angers, 74 p.
- Garban, B., Ollivon, D., Teil, M. J. & Blanchard, M. (2002) - *Activités humaines et transferts de polluants organiques persistants (POP)*, Paris, EPHE/UMR CNRS 7619 Sysiphe, 34 p.
- Meybeck, M., de Marsily, G. & Fustec, E., Eds. (1998) - *La Seine et son bassin : Fonctionnement écologique d'un système fluvial anthropisé*, Paris, 749 p.
- OMS, Ed. (1978) - *Polychlorobiphényle et polychloroterphényle*, Critère d'hygiène de l'environnement 2, Genève, Programme des Nations Unies pour l'environnement et l'Organisation mondiale de la santé, 93 p.
- Palayer, J., Degardin, P., Lohest, P., Mourey, V. & Pereira-Ramos, L. (1997) - *Le point sur...les hydrocarbures aromatiques polycycliques*, Nanterre, AESN, 63 p.
- Pointeau, M. F. (1995) - *Rendre l'eau à la vie*, Boulogne, SIAAP, 139 p.
- Teil, M. J., Blanchard, M., Ollivon, D., Gatabin, C., Garban, B. & Chevreuil, M. (2000) - *Apport et devenir des polluants organiques persistants dans la filière d'épuration de Seine-Aval IV*, Paris, EPHE-UMR 7619 Sysiphe, 10 p.