PRESSIONS ET IMPACTS

MANCHE - MER DU NORD

PRESSIONS ET IMPACTS

MANCHE - MER DU NORD

JUIN 2012

PRESSIONS CHIMIQUES ET IMPACTS ASSOCIÉS

Contamination par des substances dangereuses

Analyse des sources directes et chroniques en substances dangereuses vers le milieu aquatique

Xavier Bourrain (Agence de l'eau Loire-Bretagne, Orléans) ;
Claude Branellec
et contributions internes de
J. Duchemin,
O. Blot,
M. Raguet,
B. Casterot,
N. Thépaut,
F. Bruchon
et A.S. Allonier (Agence de l'eau Seine-Normandie, Honfleur) ;
Delphine Martin (Agence de l'eau Artois-Picardie, Douai).

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie
Agence des aires marines protégées
Ifremer

D'usage très répandu dans notre société moderne, les substances chimiques ont une origine naturelle – sels minéraux, hydrocarbures, métaux lourds – ou synthétique – solvants, plastifiants, cosmétiques, détergents, médicaments, phytosanitaires, polychlorobiphényles (PCB).

Chaque année, des milliers de nouvelles molécules font leur apparition sur le marché, s'ajoutant aux dizaines de milliers déjà existantes.

Certaines d'entre elles sont considérées comme dangereuses du fait de leurs propriétés ou de celles de leurs métabolites : action toxique à faible ou très faible dose, persistance et bioaccumulation, effet à long terme, ces effets pouvant être cumulatifs. Elles ont des effets dommageables pour la faune, la flore et la santé humaine et contribuent à l'appauvrissement des écosystèmes aquatiques, notamment des milieux estuariens, littoraux et marins, qui constituent le réceptacle de toutes les eaux continentales.

Comme le représente la figure 1, à peu près toutes les activités humaines sont à l'origine d'émissions de substances dangereuses, dont l'importance est fonction du degré d'anthropisation des territoires considérés. Leur transfert d'un

compartiment à l'autre de l'environnement se fait selon des processus physiques, biochimiques ou biologiques complexes et encore mal connus, où interviennent entre autres les propriétés intrinsèques de chaque substance – volatile, soluble, lipophile, etc. –, le contexte local, urbain ou rural, l'existence ou non de traitement de réduction, les conditions hydrologiques, hydrogéologiques et climatiques, etc.

Aux sources ponctuelles, les plus faciles à évaluer et à maîtriser, s'ajoutent des sources diffuses sur lesquelles agissent de nombreux facteurs, tels que le ruissellement, le transport atmosphérique, les interactions air-sol-sous-sol. Certaines de ces sources constituent des stocks de contamination potentiellement mobilisables et actifs sur le long terme, dont la connaissance est encore très lacunaire.

Les apports en substances dangereuses sont traités ici par source (agriculture, collectivités et industries) pour chaque bassin versant (Artois-Picardie, Seine-Normandie et Loire-Bretagne).

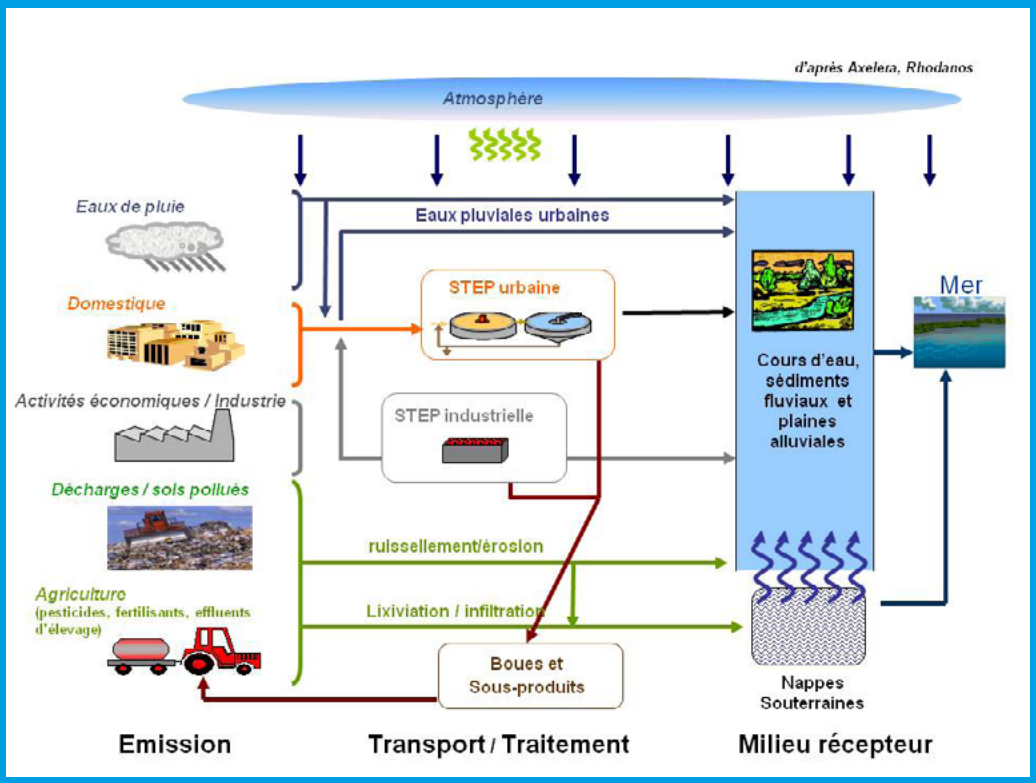

Figure 1 : Principales sources et voies de transferts des substances chimiques (Sources : MEDDE, 2011).

1. CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE

De nombreux textes européens réglementent la classification, la mise sur le marché, l'usage, les rejets et la surveillance dans les milieux de ces substances. Celles considérées comme dangereuses sont visées plus particulièrement par :

- la directive 2006/11/CE du 15 février 2006 concernant la pollution causée par certaines substances dangereuses déversées dans le milieu aquatique, qui cible 150 substances dangereuses réparties en 2 listes, pour lesquelles il faut supprimer la pollution (liste 1) ou réduire la pollution (liste 2) ;
- la directive Cadre sur l'Eau 2000/60/CE du 23 octobre 2008 (DCE), qui vise 33 substances prioritaires auxquelles s'ajoutent 8 substances de la liste 1 précédente. L'objectif de la DCE est la réduction des rejets d'ici 2015 et pour les substances classées prioritaires dangereuses, leur suppression d'ici 2020. Le dispositif combine la fixation à la source de valeurs limites d'émission (VLE) et celles de normes de qualité environnementale (NQE) à respecter dans les milieux aquatiques (directive 2008/105/CE du 16 décembre 2008) et utilisées pour la caractérisation de l'état chimique des eaux. La DCE impose en outre l'atteinte du bon état chimique des masses d'eaux, y compris côtières, d'ici 2015, ou en cas de dérogation pour 2021 ou 2027 ;
- ces textes sont déclinés au niveau national, notamment dans le cadre du plan national d'action contre la pollution des milieux aquatiques par certaines substances dangereuses, qui couvrait la période 2010-2013, et le plan national santé-environnement. Par ailleurs, certains Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) ont établi des listes complémentaires de substances pertinentes, notamment pour répondre aux objectifs du Grenelle de l'environnement.
- Enfin, la convention OSPAR[1] prévoit une stratégie de suppression d'ici 2020 de 26 substances présentant un risque pour le milieu marin. Elle s'applique aux pays contractants de l'Atlantique du Nord-Est dont la France.

2. CONTEXTE DES BASSINS

2.1. BASSIN ARTOIS-PICARDIE

Avec environ 4,7 millions d'habitants, la densité moyenne est de 249 habitants par km^2, plus du double de la moyenne européenne ou nationale (108 hab·km^{-2}). Cette forte densité de population joue un rôle important en termes de pression sur les milieux aquatiques.

Par ailleurs, le bassin Artois-Picardie, avec la région Nord-Pas-de-Calais, est l'une des régions françaises les plus industrielles. Quatre grandes filières très intégrées, mais aussi très diversifiées, caractérisent le bassin : le textile-habillement, la filière métaux-mécanique-électrique-automobile, la chimie et l'agro-alimentaire.

En plus de ces fortes pressions industrielles et domestiques, le bassin Artois-Picardie est également fortement marqué par l'agriculture. En effet, la Surface Agricole Utile (SAU) représente 70 % du territoire du bassin.

2.2. BASSIN SEINE-NORMANDIE

Il couvre une superficie d'environ 97 000 km^2 et s'ouvre sur une façade maritime de 640 km, caractérisée par 3 baies (baie de Seine, baie des Veys et baie du Mont-Saint-Michel) où se jettent l'essentiel des cours d'eau du bassin.

Sa population représente environ 17,25 millions d'habitants, dont 55 % pour la seule agglomération parisienne. La densité de population est également importante dans la vallée de la Seine en aval de Paris et sur la bordure littorale de Haute et Basse-Normandie, également soumises à une affluence touristique estivale forte. 84 % de la population du bassin est raccordée à un système d'assainissement collectif. On compte près de 2 600 stations d'épuration (STEP) communales, dont 210 (8 %) de capacité supérieure ou égale à 10 000 équivalents habitants.

1 http://www.ospar.org/

Le bassin Seine-Normandie regroupe environ 40 % de l'industrie nationale sur 14 000 sites. Elle est particulièrement développée dans les domaines de la chimie, de la pétrochimie, de la construction automobile et de l'agro-alimentaire. Elle se concentre surtout dans les parties aval de l'Oise et de la Seine et le long de l'estuaire de la Seine. Sur le littoral normand, les principaux sites correspondent aux zones portuaires et aux activités nucléaires (production d'électricité, retraitement de déchets). La Basse-Normandie est par ailleurs la première région conchylicole française.

Les activités agricoles occupent environ 62 % de la superficie du bassin avec des orientations locales fortement corrélées aux conditions pédo-climatiques.

Le bassin de la Seine couvre 77 000 km^2, dont 65 000 débouchent à Poses, à l'entrée de l'estuaire qui s'étire sur 160 km, de Poses en amont de Rouen jusqu'au Havre. Les pressions, aussi bien domestiques (16 millions d'habitants), agricoles (25 % de la production française) qu'industrielles en font l'un des bassins les plus anthropisés d'Europe, les effets sur les différents compartiments des écosystèmes aquatiques étant d'autant plus marqués que les débits moyens interannuels (540 m^3·s^{-1} à Poses) sont relativement modestes et offrent une capacité de dilution limitée des rejets (la Seine ne représente que 10 % des flux hydrologiques et sédimentaires annuels cumulés en France).

À l'interface entre les milieux d'eaux douces et la baie de Seine, l'estuaire constitue une zone de stockage, de transfert et de transformation des contaminants, dont le suivi approfondi apporte des enseignements importants sur les pressions et leurs impacts.

2.3. BASSIN LOIRE-BRETAGNE

La population du bassin Loire-Bretagne a augmenté de 5,09 % en 17 ans, soit une hausse annuelle de 0,29 %. Pour une surface totale de 155 000 km^2 environ, la population 1999 du bassin correspond à une densité moyenne d'environ 75 habitants par km^2.

Dans le grand Ouest, on enregistre des densités de population de plus de 100 habitants par km^2, notamment sur le littoral, qui représente un attrait majeur pour le tourisme estival.

On dénombre sur la façade maritime 500 rejets, issus de collectivités regroupant une population de 1 800 000 personnes habitant à moins de 50 km des côtes. L'essentiel de l'urbanisation se situe en façade maritime.

L'activité industrielle est essentiellement représentée par des industries de l'agroalimentaire : abattoir, laiterie, etc. Les deux tiers de toutes ces activités industrielles (300 environ) sont raccordées à des stations d'épuration des collectivités.

Le bassin Loire-Bretagne dans son ensemble assure les 2/3 de la production animale nationale, 50 % de cette production nationale provenant de la seule région Bretagne. L'élevage se caractérise par une très forte intensité et diversité de production de porcs, volailles et bovins. En conséquence, les émissions de rejets azotés et phosphorés sont les plus fortes du territoire.

3. MÉTHODOLOGIE

Les données utilisées pour le présent bilan ont comme origine :

- les calculs des redevances industrielles perçues par les agences de l'eau.
  Pour les rejets de micro-polluants, les agences de l'eau disposent d'indicateurs globaux – matières inhibitrices (MI), METOX –, mais pas de données relatives à chaque substance dangereuse. L'indice MI est exprimé en Kéquitox·an^{-1} ; le METOX, correspondant aux métaux et métalloïdes, est exprimé en kg·an^{-1}. L'indice METOX est une combinaison linéaire des concentrations mesurées en 8 métaux les plus écotoxiques et/ou les plus couramment rencontrés ; il est pondéré par des coefficients multiplicateurs représentatifs de leur toxicité relative : arsenic (10), cadmium (50), chrome (1), cuivre (5), mercure (50), nickel (5), plomb (10), zinc (1).

- Les campagnes de mesures réalisées de 2003 à 2007 dans le cadre du programme national de recherche et de réduction des rejets de substances dangereuses dans l'eau (3RSDE), réalisées sur un échantillon représentatif d'industries et de stations d'épuration (STEP) urbaines. Ce programme a permis la recherche systématique de 106 substances individuelles, dont les 41 (33 +8) prioritaires de la DCE, dans les rejets aqueux de 2 876 sites volontaires.
- Les données d'apports en pesticides estimés par la combinaison de l'assolement et du nombre moyen de passages de produits par culture.
- Les données de vente de pesticides : Banque Nationale de Ventes de produits phytopharmaceutiques, réalisées par les Distributeurs agrégés (BNV-D).
- Programme Observatoire des Polluants URbains (OPUR) sur les eaux pluviales.
- Les programmes d'études ou de recherche spécifiques, notamment dans le bassin de la Seine et son estuaire, tels que ceux du PIREN Seine ou du GIP Seine-aval.

Il convient d'attirer l'attention du lecteur sur l'ancienneté de certaines données reprises dans les sections qui suivent. Il en résulte un état des pressions non homogène, pouvant être en décalage avec les impacts observés pour certains paramètres.

4. ANALYSE DES SOURCES EN SUBSTANCES DANGEREUSES

4.1. REJETS AGRICOLES

Les activités agricoles sont à l'origine de rejets de trois types de substances dangereuses : les pesticides ou produits phytosanitaires destinés à lutter contre les parasites des cultures, les impuretés des engrais (cadmium des phosphates, etc.) et certaines substances utilisées dans l'alimentation et les soins apportés aux animaux d'élevage (cuivre, nickel), susceptibles de contaminer les effluents destinés à l'épandage et les sols.

Concernant les pesticides, les usages agricoles représentent environ 90 % en tonnage du total de matières actives utilisées en France (1er utilisateur européen). Suivant les sources, la quantité totale de produits phytosanitaires utilisée en France métropolitaine avoisine les 100 000 $t \cdot an^{-1}$ selon l'estimation du Ministère de l'Agriculture pour l'année 2002 ; l'Union des Industries de la Protection des Plantes (UIPP) indiquait un total de 94 700 tonnes en 2000.

Les pesticides sont employés en agriculture pour protéger les cultures contre les insectes (insecticides), les champignons parasites des plantes (fongicides) et les « mauvaises herbes » (désherbants). Ils sont également utilisés pour l'entretien des routes, des voies ferrées, des cimetières et des parcs et jardins (publics et privatifs). Lorsque ces produits contaminent les rivières, ils présentent des risques de toxicité pour la faune et la flore aquatique, mais peuvent aussi gêner la production d'eau potable et induire des traitements spécifiques onéreux pour rendre l'eau conforme aux normes de potabilité.

Certains pesticides figurent dans la liste des substances prioritaires de la DCE : l'alachlore, l'atrazine (interdite d'utilisation depuis 2003), le diuron (interdit depuis 2007), l'isoproturon, la simazine (interdite depuis 2001) et la trifluraline qui sont des désherbants ; le chlorfenvinphos, le chlorpyriphos, l'endosulfan et le lindane (interdit d'utilisation depuis 1998) qui sont des insecticides. La contamination par les produits phytosanitaires utilisés en agriculture résulte de phénomènes complexes dans lesquels interviennent :

- les pratiques agricoles ;
- les propriétés des molécules utilisées ;
- le contexte pluviométrique au moment des traitements phytosanitaires ;
- les contextes topographiques et la nature des sols qui déterminent ruissellement et lessivage ;
- le niveau de protection des cours d'eau par la ripisylve ou des dispositifs limitant le ruissellement et éloignant le matériel de traitement du cours d'eau.

4.1.1. Pression d'utilisation des pesticides par l'agriculture

La pression d'utilisation des pesticides par l'agriculture a été approchée par un indicateur combinant l'assolement et le nombre moyen de passages de produits par culture (figures 2 et 3).

4.1.1.1. Bassin Artois-Picardie

Il n'existe pas de données relatives aux pesticides dans les rejets agricoles pour le bassin Artois-Picardie.

4.1.1.2. Bassin Seine-Normandie

La figure 2 fait nettement ressortir les zones de grandes cultures du bassin parisien, de la région caennaise et du pays de Caux, ainsi que les principales zones maraîchères du littoral manchois, comme des zones où les pressions d'utilisation sont les plus fortes.

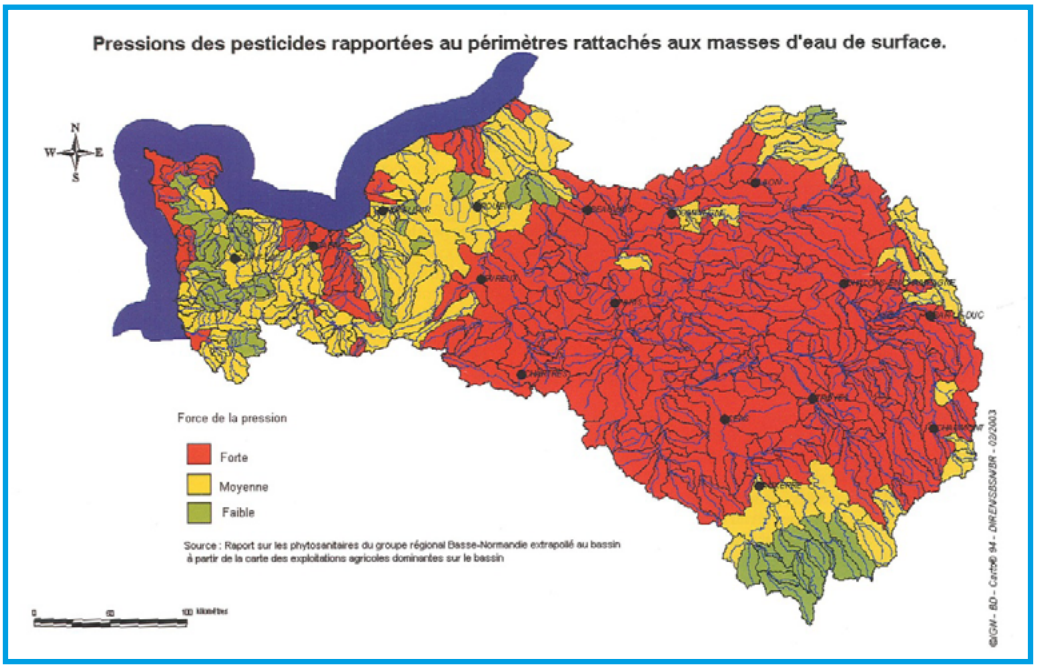

Figure 2 : Zones à risque potentiel de pollution par les pesticides dans le bassin Seine-Normandie (Sources : AESN, État des lieux DCE 2004).

4.1.1.3. Bassin Loire-Bretagne

Les pressions d'utilisation les plus fortes sont localisées sur la côte nord de la Bretagne (figure 3). La Bretagne Nord se caractérise par une agriculture variée de forte intensité sur sa partie côtière. Les cultures de légumes frais qui supportent un nombre de traitements élevé, une vingtaine de traitement par an en moyenne, se remarquent aisément.

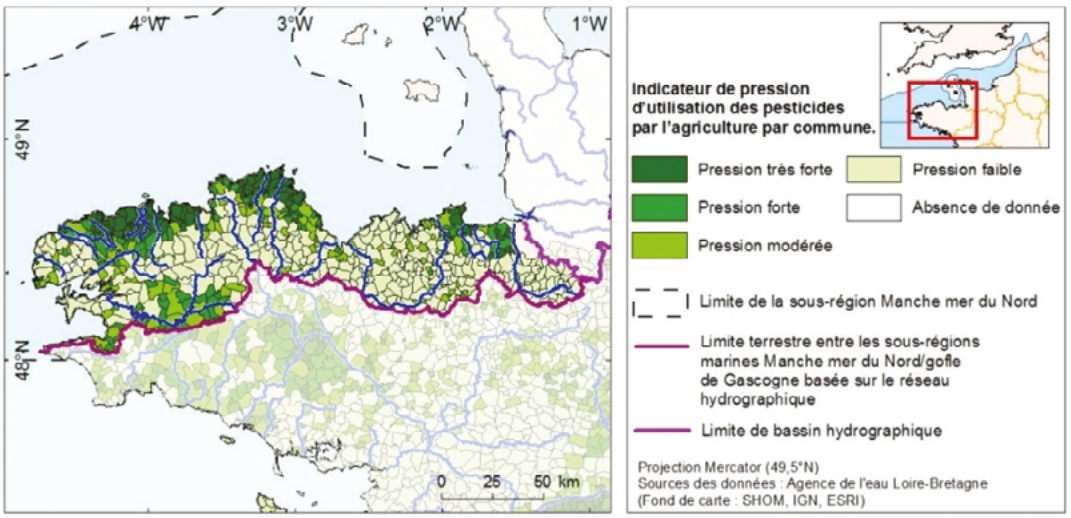

Figure 3 : Estimation des apports en pesticides d'origine agricole dans le bassin Loire-Bretagne (Sources : AELB, État des lieux DCE 2004).

4.1.2. Bilan des ventes de produits phytosanitaires

4.1.2.1. Bassin Artois-Picardie

Le tableau 1 dresse le bilan des ventes 2008 et 2009 de matières actives (MA) organiques et minérales les plus toxiques.

	T, T+, CMR (t)	Dangereuses organiques (t)	Dangereuses minérales (t)	Autres (t)	Total (t)
2008	478	1 803	316	3 004	5 600
2009	598	4 098	323	1 615	6 634

T : toxique ; T+ : très toxiques ; CMR cancérigènes, mutagènes et reprotoxiques

Tableau 1 : Quantités de produits phytosanitaires vendus en 2008 et en 2009 dans le bassin Artois-Picardie.

L'évolution des ventes de produits entre l'année 2009 et l'année 2010 n'est pas significative car les quantités de produits vendus contenant des substances non soumises à la redevance « autres substances » n'ont pas été systématiquement déclarées, notamment la première année de mise en œuvre de la redevance, en 2008.

On note un transfert massif de la quantité de produits « autres » vers les matières dangereuses organiques. Ce transfert est dû à des changements de catégories entre les deux années d'observation. Pour l'année 2009, plus de 60 % des ventes déclarées ont concerné les matières actives dangereuses organiques, considérées comme les plus nocives pour l'environnement.

Ces données ne représentent toutefois pas ce qui peut être utilisé dans le bassin Artois-Picardie car de nombreux achats de phytosanitaires sont réalisés en Belgique.

4.1.2.2. Bassin Seine-Normandie

Le bilan des ventes 2009 des pesticides sur le bassin Seine-Normandie fait ressortir que les matières actives (MA) :

- les plus toxiques (classées T, T+, CMR pour toxiques, très toxiques, cancérigènes, mutagènes et reprotoxiques) représentent un peu de plus de 10 % des totaux en tonnage et en nombre de MA vendues (Tableau 2),
- les plus nocives pour l'environnement (classées N minéral et organique) représentent 59 % en quantité et 41 % en nombre de MA vendues (Tableau 2).

Type/ Classement	quantités vendues en tonne /an			nombre de matières actives		
	total	dont N min + org	dont T, T+, CMR	total	dont N min + org	dont T, T+, CMR
autre	3 295 (21 %)	415	186	116	14	9
fongicide	5 155 (33 %)	3 650	608	102	57	11
herbicide	6 751 (43 %)	5 022	714	116	77	10
insecticide	456 (3 %)	136	130	70	20	21
total (1)	15 657 (100 %)	9 223	1 638	404	168	51

(1) bassin Seine-Normandie, hormis quelques régions limitrophes telles que Lorraine et Pays de Loire.

Tableau 2 : Quantités et nombre de matières actives phytosanitaires déclarées vendues en 2009 sur le bassin Seine-Normandie (Sources : Onema et agence de l'eau Seine-Normandie, BNV-D).

On note une légère augmentation des ventes entre 2008 et 2009.

Dans la liste des 25 MA les plus vendues (figure 4), on retrouve 12 herbicides et 9 fongicides, mais aucun insecticide. Sont présentes 3 MA classées TT+CMR (isoproturon, chlorothalonil et 1-3 dichloropropène) et 17 classées N. Le glyphosate, herbicide à usage très répandu, arrive largement en tête, suivi du mancozèbe, fongicide employé en cultures légumières et fruitières, mais aussi industrielles, puis du chlorure de chlorméquat, utilisé contre la verse des céréales. L'usage de ces 3 MA est réparti sur tout le bassin. Il en est de même pour l'isoproturon, le chlorothalonil, le soufre, le chlorate de sodium et le prochlorase. *A contrario*, quelques spécificités locales dans l'utilisation de certaines MA sont à signaler : cas du métam-sodium, 1-3 dichloropropéne, acétochlore et S-métolachlore dont l'usage domine dans l'ouest du bassin proche du littoral.

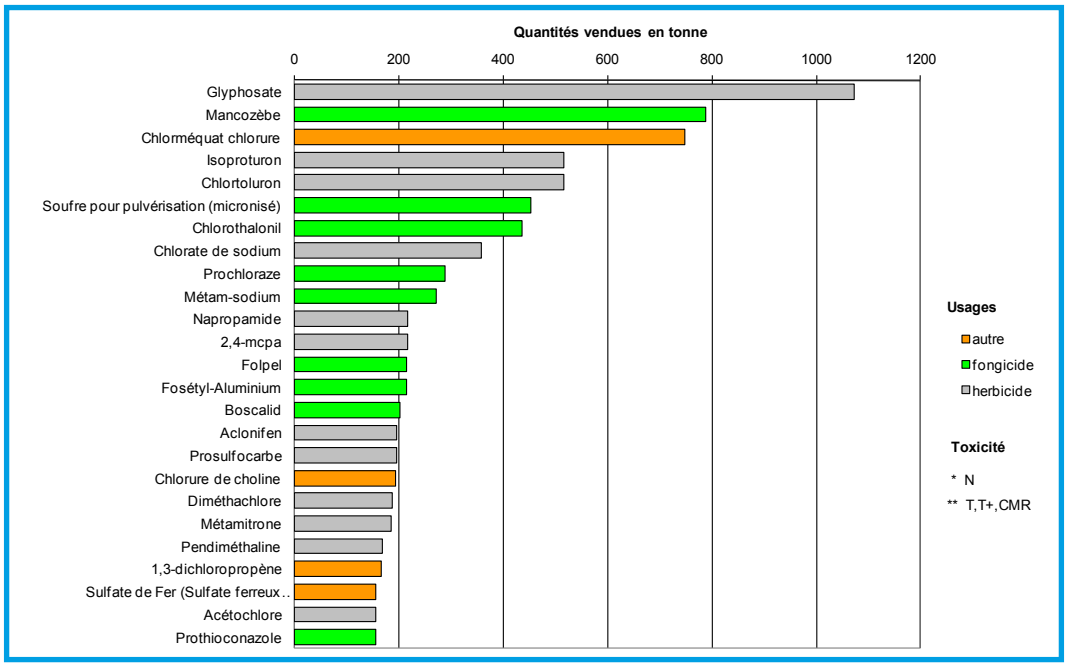

Figure 4 : Les 25 pesticides les plus vendus sur le bassin Seine-Normandie, déclaration 2009 (Sources : BNV-D).

4.1.2.3. Bassin Loire-Bretagne

Parmi les ventes concernant les principales substances avec plus de 6 tonnes par an, le glyphosate se démarque nettement avec plus 170 tonnes annuelles (figure 5). D'une manière générale ce sont les désherbants et les fongicides qui dominent ces tonnages.

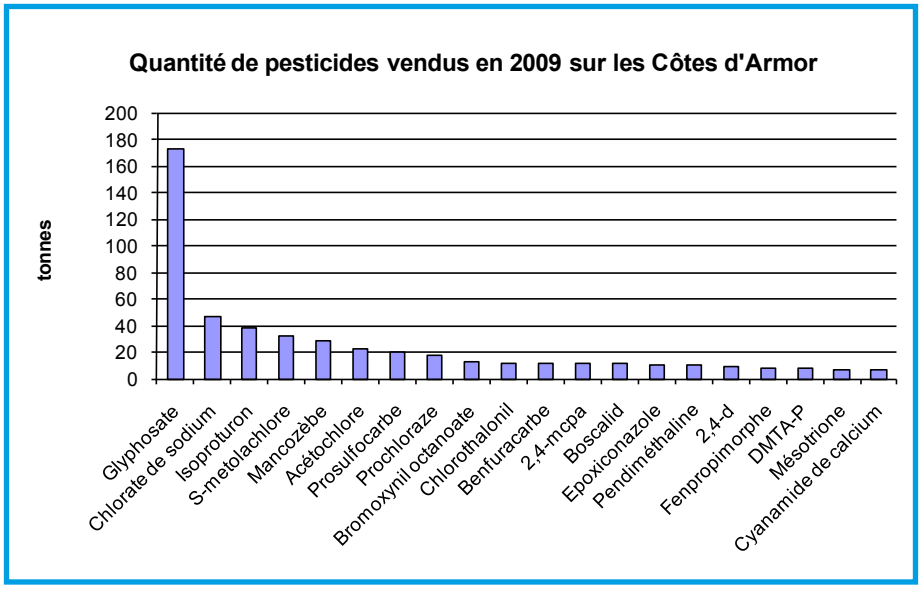

Figure 5 : Substances phytosanitaires les plus usitées sur la Bretagne (Sources : AELB, 2011).

4.1.3. Apports diffus de métaux lourds

Les engrais constituent une source d'apports importants d'éléments métalliques selon les origines des produits utilisés. Le tableau 3 met nettement en évidence cette situation.

Le bassin Loire-Bretagne a un territoire où les cultures ont une très forte emprise, et à raison d'apports de fertilisants de 39 $kg \cdot ha^{-1} \cdot an^{-1}$, il est possible d'évaluer le tonnage annuel de métaux comme le cadmium (substance dangereuse prioritaire) selon les teneurs en métaux des engrais (Tableau 3).

Valeurs mini – maxi en $mg \cdot kg^{-1}$ d'engrais	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Scories-Thomas	0,05	1 415 – 1 760	13 - 14	0,05	8 – 18	25 – 40	50 - 57
Superphosphates	43 - 53	145 - 315	9 - 60	0,1 – 0,16	5 - 66	0,5 - 5	141 - 625
Phosphates naturels	9 – 30	92 - 200	9,7 - 12	0,04 – 0,1	18,6- 29	12 - 18	203 - 250
Scories-Potassiques	0,05	1100	10,6	0,06	10,5	27	45
Superpotassiques	9,4 - 36	135 - 208	5,3 - 38	0,15 - 1	11 – 44	0,7 - 6	156 325
Phosphopotassiques	11,8	116	6	0,6	11,7	9,7	119
Scories-phosphate	9,7	482	8,2	0,06	13,5	13,2	113

Tableau 3 : Teneurs en métaux selon la nature des engrais phosphorés
(Sources : Sous-commission de la Toxicité des Matières Fertilisantes et des Supports de Culture, *dans* Hosatte 2000 (1)).

Des éléments traces métalliques sont aussi retrouvés dans les déjections animales.

L'évaluation de l'impact de ces apports est liée à la possibilité de transfert de ces éléments vers la ressource en eau.

4.2. REJETS DES COLLECTIVITÉS ET DES INDUSTRIES

4.2.1. Bilan national

L'action nationale de recherche et de réduction des rejets de substances dans l'eau (3RSDE) a été lancée par la circulaire du 4 février 2002. Elle a permis une évaluation du flux de micropolluants (106 substances) de 176 stations d'épuration de collectivité. À partir de cette base de données, il est possible d'évaluer la nature des substances toxiques émises. La figure 6 synthétise les principaux résultats sur l'échantillon national, à savoir les fréquences des substances quantifiées sur plus de 10 % des STEP.

Les micropolluants dans les boues ne sont pas suivis dans le cadre du 3RSDE. En effet, le transfert des polluants issus des boues de STEP est particulièrement difficile à traiter car :

- il n'existe pas de base de données sur les plans d'épandage des boues des STEP ;
- il n'existe pas de base de données sur les teneurs en métaux et autres polluants dans les boues ;
- à l'heure actuelle, nous ne sommes pas en mesure de calculer les transferts de polluants entre les zones épandues et les cours d'eau.

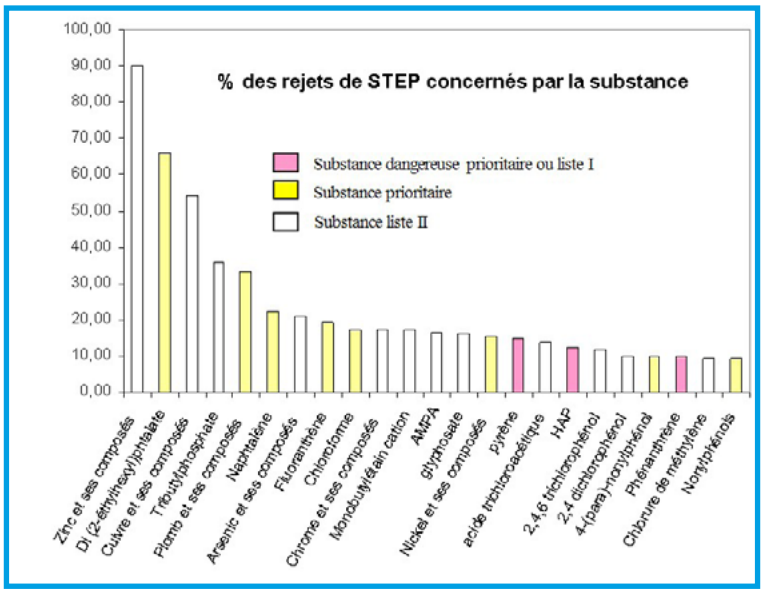

Figure 6 : Fréquences des substances quantifiées sur au moins 10 % des STEP au niveau national (Sources : AELB –INERIS, 2009).

Sur les 106 substances recherchées, 75 sont quantifiées au moins une fois. Parmi celles-ci, 16 sont des substances dangereuses prioritaires et 20 des substances prioritaires de la DCE.

Les métaux (zinc, cuivre, plomb) sont les substances les plus souvent quantifiées et ont les flux les plus importants quelle que soit la taille de la STEP. Parmi toutes les substances, celles qui ont les flux moyens les plus importants sont :

- le di(2-éthylhéxyl) phtalate (DEHP), quantifié dans 66 % des rejets ;
- le tributylphosphate (usage varié en chimie et plastifiant, retardateur de flamme) ;
- les composés phénoliques comme le phénol (conservateurs et intermédiaire de synthèse) ;
- les pesticides[2] : glyphosate ;
- AMPA[3] et les phosphonates.

Quant aux hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), ils sont souvent détectés mais ont des flux peu importants.

La plupart des substances sont hydrophobes, donc difficilement quantifiables dans l'eau, ce qui peut causer un problème de représentativité.

Concernant les eaux traitées, une réduction significative des concentrations par rapport aux eaux brutes est généralement observée. Les substances ayant un important flux dans les eaux traitées sont les mêmes que dans les eaux brutes. Un certain nombre de substances (20) ne sont plus quantifiées dans les eaux rejetées, parmi celles-ci on trouve des familles comme les HAP, les phtalates, les diphénylethers bromés (voir annexe, Tableau 5).

Pour d'autres substances, les traitements habituels n'ont que peu d'effet sur leur teneur. La dégradation de certains produits peut augmenter les flux en sortie de station d'épuration. Par exemple, le glyphosate, qui en se dégradant produit de l'AMPA. De ce fait une substance peut être en augmentation, jusqu'à un facteur 10 entre l'amont et l'aval de la station d'épuration (Tableaux 1 et 2 en annexe).

La campagne 3RSDE a été réalisée en 2003-2007 et une évolution des polluants est probable à ce jour. Certaines interdictions et limitations ont été mises en place depuis cette campagne et certaines substances ne devraient plus être prises en compte dans les émissions, comme les PBDE (produits bromés), le diuron, l'alachore, le nonylphénol, etc.

2 Atrazine, diuron. Pour ces derniers, ils sont interdits respectivement depuis 2003 et 2008. De ce fait, ils ne doivent plus être pris en compte.
3 L'AMPA est le produit de dégradation du glyphosate (pesticide).

4.2.1.1. Bassin Artois-Picardie

Les résultats de la campagne de 3RSDE pour les industries et les STEP sont exprimés ci-dessous. Dans le bassin Artois-Picardie, 269 établissements (dont 21 STEP urbaines) répartis en 10 secteurs d'activité ont fait l'objet d'analyses. Le classement des 20 substances avec les plus importants rejets est indiqué dans le tableau 4.

Il s'agit ici des résultats concernant l'ensemble du bassin Artois-Picardie incluant les rejets en Manche et en mer du Nord (eaux françaises et belges).

Substances	Flux total échantillon (en g/j)	Rang
Zinc et ses composés	90 799,5	1
Chrome et ses composés	59 468,3	2
Nickel et ses composés	13 257,4	3
Cuivre et ses composés	10 622,7	4
Chlorure de méthylène (Dichlorométhane)	7 055,5	5
Plomb et ses composés	6 531,6	6
Di-(2-éthylhexyl)phtalate	6 361,3	7
Cadmium et ses composés	2 691,7	8
Chloroforme (Trichlorométhane)	2 509,9	9
HAP total	1 872,5	10
Naphtalène	1 783,7	11
Pentachlorophénol	1 273,8	12
Toluène	1 186,2	13
Xylènes (Somme o,m,p)	1 180,6	14
Arsenic et ses composés	1 160,3	15
Benzène	537,4	16
Acide chloroacétique	528,5	17
Chlorobenzène	430,9	18
Tétrachloroéthylène	379,7	19
Dibutylétain cation	243,87	20

Tableau 4 : Classement des 20 substances avec les plus gros rejets (NPC) - 102 substances avec un rejet non nul.

Ce bilan indique que 6 des 10 substances rejetées en quantités les plus importantes sont des métaux. Les 7 métaux recherchés sont dans les 20 substances avec les flux les plus importants (plus de 1 $kg{\cdot}j^{-1}$). Seuls les 4 métaux en tête du classement ont des rejets supérieurs à 10 $kg{\cdot}j^{-1}$. 14 substances ont un rejet de plus d'1 $kg{\cdot}j^{-1}$. À noter que la famille des HAP, classée en 10e place, est fortement influencée par les rejets de naphtalène (95 % des rejets).

L'évolution de l'indice METOX montre que les rejets ont nettement diminué depuis les années 1990 (figure 7).

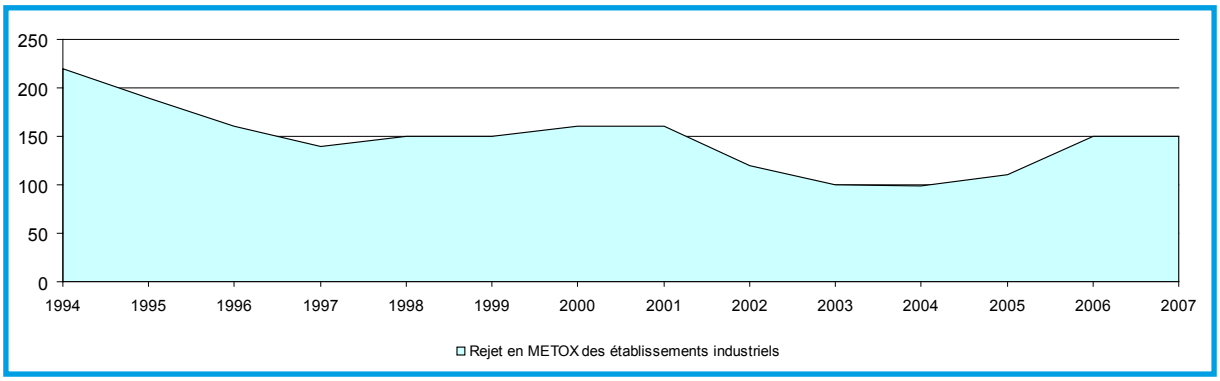

Figure 7 : Évolution de l'indice METOX (en kg de METOX par jour) issu des activités industrielles du bassin Artois-Picardie.

4.2.1.2. Bassin Seine-Normandie

Dans le cadre du 3RSDE, 13 % des sites industriels du bassin Seine-Normandie, soit 665, ont réalisé une recherche de substances sur leurs rejets ponctuels. Les principaux résultats sont synthétisés sur la figure 8 et dans les commentaires suivants.

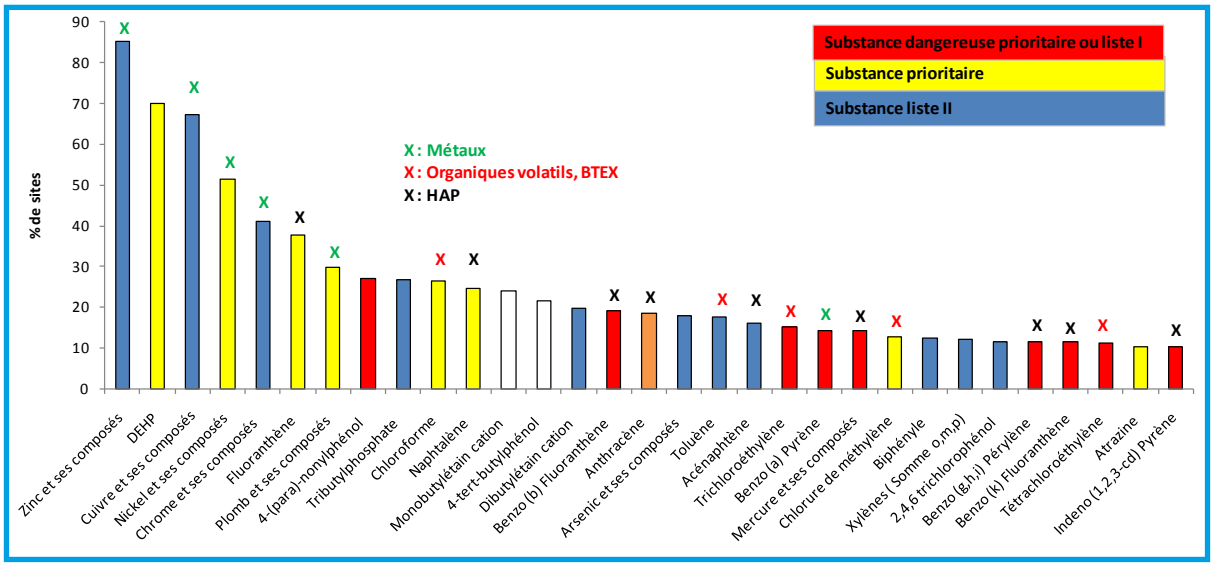

Figure 8 : Substances quantifiées dans les rejets de 10 % ou plus des 665 sites industriels de Seine-Normandie (Sources : AESN-INERIS, 2008).

- le nombre de substances quantifiées au moins une fois est élevé (101 sur les 106 recherchées) ; de même, la proportion de rejets dans lesquels une ou plusieurs substances sont quantifiées, est élevée : plus de 90 %. Un rejet contient en moyenne 9 substances.
- Les familles de substances les plus fréquemment quantifiées sont les métaux (94 % des sites), les phtalates (70 %), les HAP (51 %), les COHV (49 %), les alkylphénols (42 %), les organoétains (32 %), les BTEX (24 %) et les pesticides (24 %).
- 32 substances prioritaires sont quantifiées dans 10 % ou plus des sites, parmi lesquelles 9 dangereuses dont les émissions doivent à terme être supprimées : le mercure, les 4-para-nonylphénols, 5 HAP et les solvants tri- et tétrachloroéthylène.

L'indice METOX montre une tendance continue à la baisse des rejets (figure 9), déjà largement entamée au cours des décennies précédentes. Pour les rejets en réseau d'assainissement collectif, des abattements supplémentaires non intégrés dans les résultats ci-dessus peuvent intervenir au niveau des stations d'épuration urbaines, quand les boues dans lesquelles les résidus métalliques sont piégés ne sont pas épandues sur les sols agricoles.

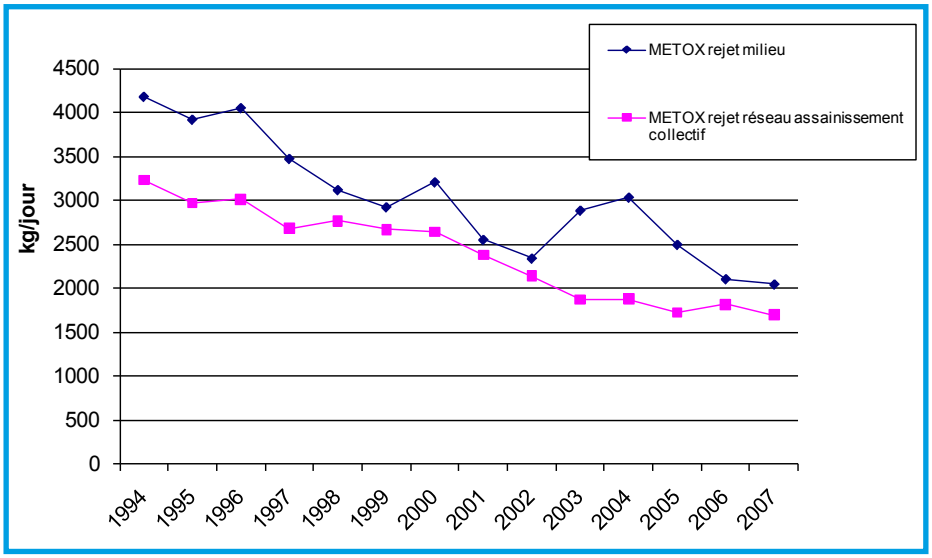

Figure 9 : Évolution des rejets de métaux (assiettes nettes de redevances industrielles) dans réseaux de collecte et milieux aquatiques.

4.2.1.3. Bassin Loire-Bretagne

La figure 10 indique la répartition des sources de pollutions toxiques d'origine urbaine et industrielle. Les bassins de la Bretagne Nord sont les moins concernées par les pollutions d'origine industrielle.

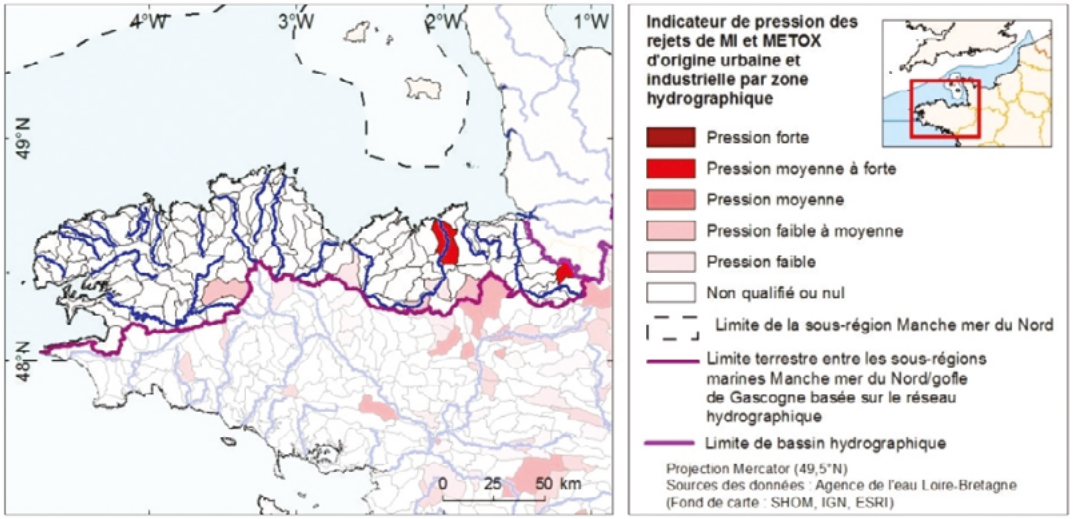

Figure 10 : Répartition des sources de pollutions toxiques d'origine urbaine et industrielle dans le bassin Loire-Bretagne (Sources : AELB, 2011).

Quel que soit le mode de classement, par l'occurrence ou bien par les flux, ce sont les métaux qui viennent en tête de liste des substances émises sur l'ensemble du bassin Loire-Bretagne (Tableau 5). Parmi les métaux de l'annexe X de la DCE, seul le nickel (Ni) est à plus de 42 % d'occurrence dans les rejets. Le plomb (Pb) est à 23 %. Pour les métaux considérés comme substances dangereuses que sont le cadmium (Cd) et le mercure (Hg), les fréquences sont respectivement de 10 % et 5 %.

Substances	% de rejets concernés
Zinc et ses composés	76 %
Di(2-éthylhexyl)phtalate	57 %
Chloroforme	44 %
Cuivre et ses composés	43 %
Nickel et ses composés	42 %
Chrome et ses composés	36 %
4-tert-butylphénol	26 %
Toluène	23 %
Plomb et ses composés	23 %
Naphtalène	20 %
Fluoranthène	20 %
Acide chloroacétique	19 %
Octylphénols (para-tert-octylphénol)	16 %
Diuron	14 %
Chlorure de méthylène	14 %
Arsenic et ses composés	14 %
Nonylphénols	13 %
2,4,6-trichlorophénol	13 %
Trichloroéthylène	11 %
Tributylphosphate	10 %
Cadmium et ses composés	10 %

Tableau 5 : Occurrence des micropolluants issus des rejets industriels sur l'ensemble du bassin Loire-Bretagne (ces valeurs concernent l'ensemble du bassin Loire-Bretagne et incluent donc les rejets vers la Manche et vers l'Atlantique).

Concernant le di(2-éthylhexyl)phtalate, il faut être prudent quant à l'exploitation des données, du fait des difficultés analytiques sur ce paramètre. Pour le diuron (herbicide à usage agricole et non agricole), son usage est interdit depuis juillet 2007.

À partir des flux totaux par branche et par substance, ainsi que des grandeurs caractéristiques de tous les ouvrages, il est possible de calculer des flux de substances susceptibles de rejoindre le milieu.

Selon les substances, les flux journaliers sommés sur le bassin varient de moins de 1 $g{\cdot}j^{-1}$ à près de 70 $kg{\cdot}j^{-1}$ (cas du nickel). En fixant comme critère de réjection que le flux, toutes branches confondues, doit être supérieur à 100 $g{\cdot}j^{-1}$, une liste de 20 substances que l'on peut désigner comme « substances majoritaires » du bassin Loire-Bretagne a pu être établie. Le tableau 3 de l'annexe donne le détail de ces 20 substances retenues (3 dans la liste I, 10 parmi les substances dangereuses et 7 parmi les substances prioritaires). Ce tableau restitue le nom de ces 20 substances, leur type, les branches qui contribuent principalement à leur émission (c'est à dire à raison de plus de 10 % de la somme des flux) et en dernière colonne la valeur de la somme des flux, en $g{\cdot}j^{-1}$ pour le bassin Loire-Bretagne. Les branches d'activités les plus contributives pour ces substances ont également été identifiées : station d'épuration urbaine, chimie et parachimie, traitement de surface, revêtement de surface, traitement des textiles, industrie agro-alimentaire (produits d'origine végétale), industrie agro-alimentaire (produits d'origine animale), traitement des cuirs et peaux, blanchisserie.

L'évolution de 2000 à 2007 du paramètre global METOX sur l'ensemble du bassin Loire-Bretagne montre une stagnation des flux émis par les industriels vers le milieu naturel (figure 11).

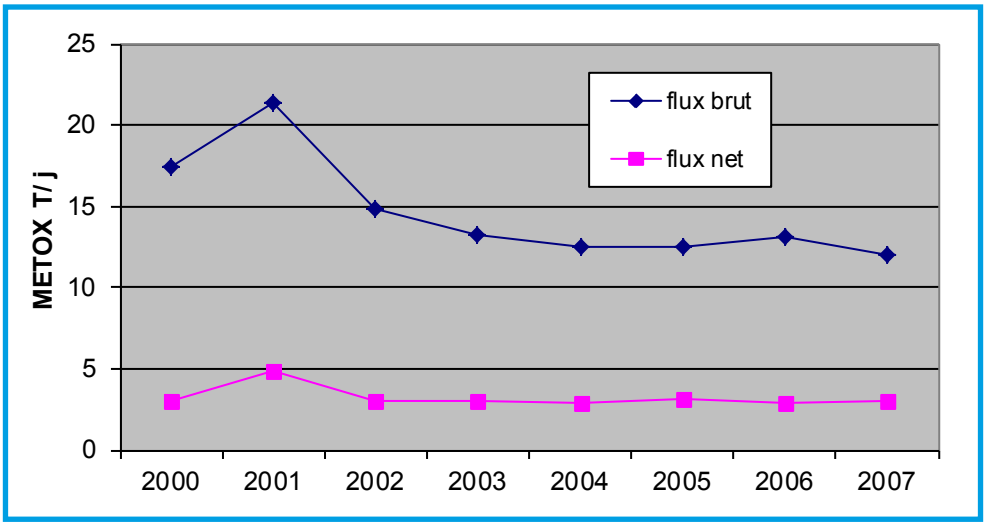

Figure 11 : Évolution des flux de METOX issus des activités industrielles du bassin Loire-Bretagne en tonnes METOX par jour (Sources : AELB, 2009).

4.2.2. Pollution des eaux pluviales urbaines

Les zones urbaines fortement imperméabilisées sont à l'origine, lors d'événements pluvieux, d'un accroissement du ruissellement de surface, dont 80 % est collecté dans les réseaux de type séparatif (de l'ordre de 35 % du total collecté) ou unitaire (mélange eaux usées/eaux pluviales - 65 % du total collecté). Il s'en suit des déversements importants de matières polluantes dans les eaux superficielles. Cette pollution diffuse provient principalement des retombées atmosphériques, de l'usure des pièces automobiles (pneus, etc.), de la corrosion des matériaux utilisés en milieu urbain et de l'entretien des espaces publics.

Le caractère aléatoire des événements pluvieux, la diversité des substances en jeu et des sources potentielles de pollution, ainsi que les difficultés métrologiques rendent l'acquisition de connaissances longue et coûteuse. Plusieurs programmes de recherche sont en cours, parmi lesquels ceux d'OPUR (observatoire des polluants urbains) dont les principaux résultats sont les suivants : sur les 88 substances recherchées au total dans les eaux pluviales urbaines depuis 2007 dont 45 ciblées par la DCE ou par la directive Substances dangereuses de 2006 :

- 38 sont détectées sur les réseaux pluviaux séparatifs : 7/8 PCB, 16/16 HAP, 3/8 métaux (Pb, Cu, Zn), 6/24 pesticides, DEHP, 3/5 alkylphénols, 2/3 organoétains (DBT et MBT). La quasi-totalité des substances trouvées dans les réseaux séparatifs pluviaux est également détectée dans les eaux usées de temps sec (EUTS). Cependant les concentrations trouvées pour les métaux, les HAP, les PCB, certains organoétains, les pesticides et les composés organiques volatils (COV) sont plus élevées dans les eaux pluviales. *A contrario*, les EUTS sont plus contaminées en alkylphénols, DEHP et chloroforme.
- Certaines substances sont mieux connues :
  - la corrosion des matériaux de couverture constitue la principale source de métaux lourds dans les eaux de ruissellement de toitures : plus de 80 % du Cd, du Pb et du Zn.
  - Les retombées atmosphériques constituent la contribution majoritaire en HAP dans les eaux de ruissellement. Les sources sont notamment les combustions d'énergie fossile (carburant, chauffage).
  - Les **pesticides** d'usage urbain peuvent avoir une contribution à la contamination des eaux superficielles non négligeable, du fait du fort taux de ruissellement sur les surfaces imperméabilisées, alors que globalement, tous usages confondus, ils ne représentent que quelques % des matières actives utilisées. Parmi ces substances d'usage urbain, diuron, aminotriazole et glyphosate représenteraient 85 % environ du total des matières actives entraînées par ruissellement.

Quand ces effluents urbains de temps de pluie sont collectés et transitent par une STEP, une grande partie des substances qu'elles transportent est susceptible d'être piégée et transférée vers les boues dans des proportions importantes au niveau des différents étages d'épuration. Dans une moindre mesure, les substances peuvent être dégradées.

5. DEVENIR DE CERTAINES SUBSTANCES DANS LE BASSIN DE LA SEINE ET SON ESTUAIRE

La revue générale qui suit, complémentaire de la précédente sur les pressions, s'appuie principalement sur les résultats des travaux du PIREN Seine, du GIP Seine Aval, de l'INERIS et de l'AESN concernant les problématiques liées aux substances chimiques. Le tableau 4 en annexe dresse un récapitulatif des principales familles de contaminants.

5.1. MÉTAUX

Les sources d'apports en cadmium, mercure, plomb et nickel, substances prioritaires de la DCE, sont diversifiées, avec cependant une nette domination pour les sources diffuses d'origine urbaine ou rurale (figure 12).

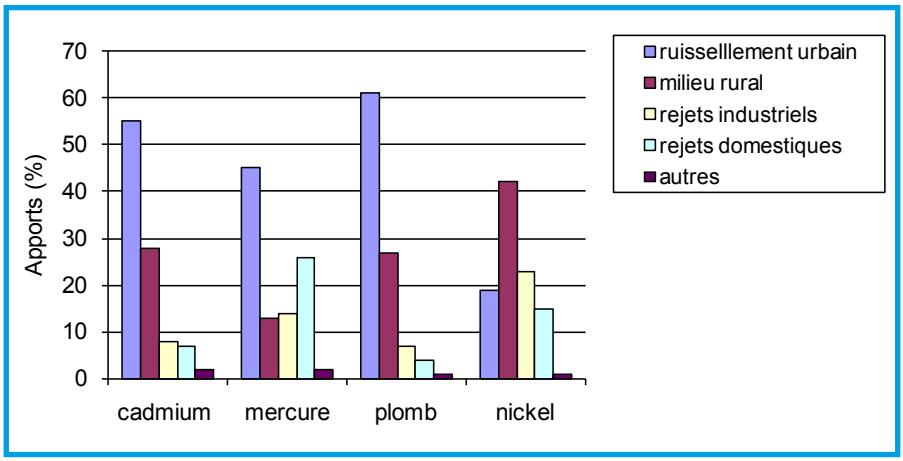

Figure 12 : Apports de métaux dans les eaux du bassin Seine-Normandie
(Sources : Dufresne, 2004 (2)).

Pour les autres métaux, tels le cuivre et le zinc, l'origine urbaine (autour de 60 à 65 %) domine sensiblement. Pour l'argent, la contamination des rejets de l'industrie photographique a fortement chuté depuis le développement des appareils numériques.

Du fait de leur solubilité limitée et de leur grande affinité pour les particules, les métaux sont surtout présents dans la Seine sous forme particulaire : de 50 à 90 % en temps normal et de 90 à 99 % en période de crue, selon les métaux.

Tendance : la contamination métallique de la Seine et de son estuaire, maximale dans les années 1950 à 1970, a connu par la suite une forte diminution, et ce du fait des efforts de dépollution, de l'évolution des procédés de fabrication et des changements intervenus dans le tissu industriel.

L'indicateur de contamination métallique (figure 13) basé sur les différences entre les teneurs environnementales et les bruits de fond géochimiques en cadmium, cuivre, mercure, plomb, zinc dans les sédiments, traduit bien cette tendance à la baisse, confirmée par ailleurs au niveau des pressions industrielles par l'indicateur METOX des agences ou par l'évolution des teneurs dans les boues de STEP urbaines (cadmium et mercure ont été divisés par 10 en 20 ans dans les boues de la STEP d'Achères du SIAAP). La diminution est actuellement ralentie, les teneurs mesurées dans les milieux ayant tendance à se stabiliser. Pour certains métaux comme l'argent, le chrome, le cuivre et le nickel, les teneurs dans les sédiments fins de surface prélevés dans l'estuaire sont à des niveaux proches des bruits de fond naturels. Ce n'est pas le cas pour le plomb, le zinc et surtout le cadmium et le mercure qui peuvent présenter des facteurs d'enrichissement encore supérieurs à un facteur 10.

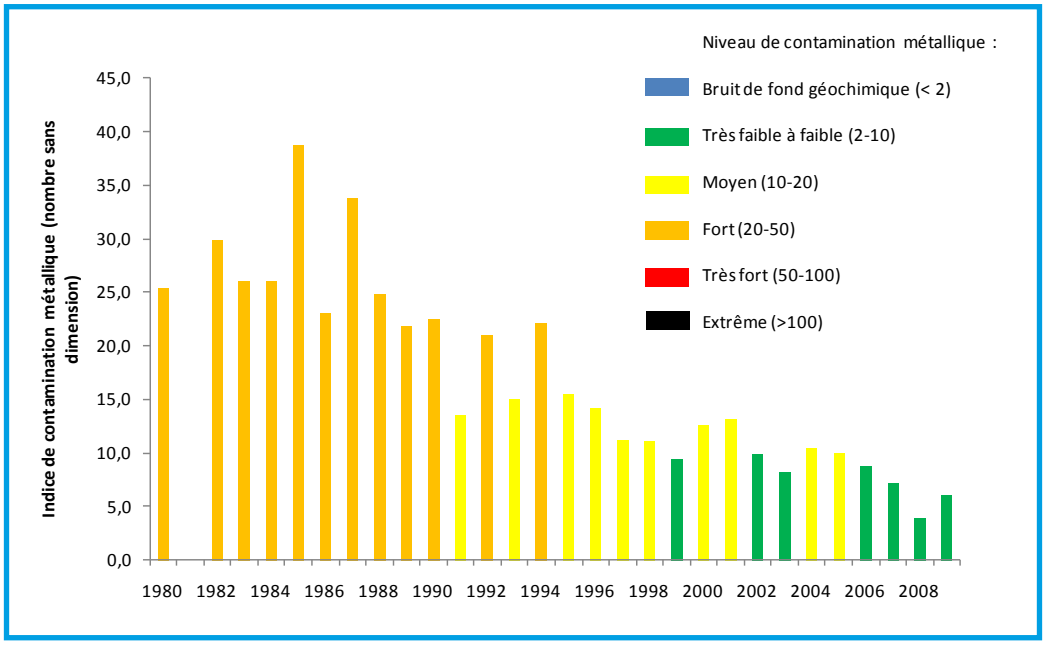

Figure 13 : Contamination métallique de l'estuaire fluvial (Sources : GIP Seine Aval, 2011).

L'évolution de la fraction dissoute du cadmium et donc de sa biodisponibilité dans l'estuaire de la Seine est à souligner : elle varie en fonction de la salinité, qui elle-même varie en fonction de la marée et des conditions hydrologiques saisonnières. Ainsi, cette fraction dissoute passe pendant la traversée de l'estuaire et de son bouchon vaseux, de 10 % à l'entrée à 90 % à la sortie du flux de cadmium total.

On observe aussi une décroissance de la contamination métallique d'amont en aval de l'estuaire, ce qui tend à confirmer la prépondérance des apports du bassin en amont de Poses, et en particulier de la région parisienne qui joue un rôle essentiel dans cette contamination, tant par ses rejets ponctuels (STEP) que diffus (rejets de temps de pluie, fuites des stocks urbains ou industriels, etc.).

5.2. HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES (HAP)

Principalement émis lors de la combustion de matières organiques et de produits pétroliers (en provenance surtout des secteurs « résidentiel / tertiaire » et transport routier), les HAP transitent préférentiellement par l'atmosphère avant de retomber sur les sols. Ces émissions sont maximales en période hivernale, D'après le PIREN, ces retombées sur le bassin de la Seine seraient de l'ordre de 2 $t \cdot an^{-1}$ d'HAP ($\Sigma 6$)[4], soit moins de 30 % des quantités émises dans l'atmosphère. Une fois déposés, les HAP peuvent s'accumuler dans les sols et s'y dégrader partiellement, ou être entraînés par ruissellement vers les eaux de surface.

Principales émissions sur le bassin Seine-Normandie[5] :

- par temps sec, les rejets des STEP urbaines peuvent être de l'ordre d'une centaine de $kg \cdot an^{-1}$ de HAP ($\Sigma 6$) ;
- par temps de pluie, à ces apports ponctuels s'ajoutent ceux provenant du ruissellement sur les surfaces imperméabilisés (toitures et voiries) des zones urbaines, et de la remise en suspension des dépôts au sein du réseau d'assainissement, l'ensemble représentant pour le bassin Seine-Normandie un flux de 750 à 800 $kg \cdot an^{-1}$;
- du relargage à partir des sédiments ;
- d'autres rejets plus ou moins bien connus, évalués à 50 $kg \cdot an^{-1}$ par le PIREN Seine mais ne prenant en compte que certains rejets industriels, les apports directs de l'atmosphère sur les surfaces en eau du bassin et les émissions par les sols ruraux *via* l'agriculture et les épandages de boues des STEP urbaines.

Les travaux du PIREN Seine montrent que les flux exportés par la Seine (à l'entrée dans l'estuaire) varient de 600 à 1 600 $kg \cdot an^{-1}$ (à partir de données 1999-2002). Même si les rejets par temps de pluie de l'agglomération

4 Benzo(a)pyrène, benzo(b)fluoranthène, benzo(k)fluoranthène benzo(g,h,i)perylène, indeno(1,2,3,cd)pyrène et fluoranthène.
5 Extrait d'une note de synthèse interne AESN, février 2010 (N. Aires et B. Casterot).

parisienne contribuent probablement à une part importante de ces flux, ils ne peuvent à eux seuls expliquer l'intégralité de la contamination actuelle du bassin. Les autres émissions potentielles pourraient provenir du relargage régulier ou par bouffées de stocks résiduels remontant à l'ère du charbon, notamment en zone rurale, dans les friches industrielles et dans les sédiments.

L'empreinte de l'agglomération parisienne sur la Seine est très lisible. Les teneurs en HAP augmentent à son aval d'un facteur 2 environ dans l'eau et les matières en suspension. Les mesures confirment aussi que les flux transportés par temps de pluie sont largement supérieurs aux flux transportés par temps sec.

Tendance : au cours des deux dernières décennies, les concentrations de HAP dans l'air de Paris ont considérablement diminué, en relation avec la baisse des émissions d'un facteur 2.

Quant aux sédiments anciens de la Seine, leur étude révèle un pic de contamination élevé, datant des années 1960, au moment où la production et l'utilisation de charbon étaient à leur apogée. Depuis, la tendance générale est à la décroissance aussi bien dans les compartiments aquatiques, notamment dans les sédiments, que dans l'air.

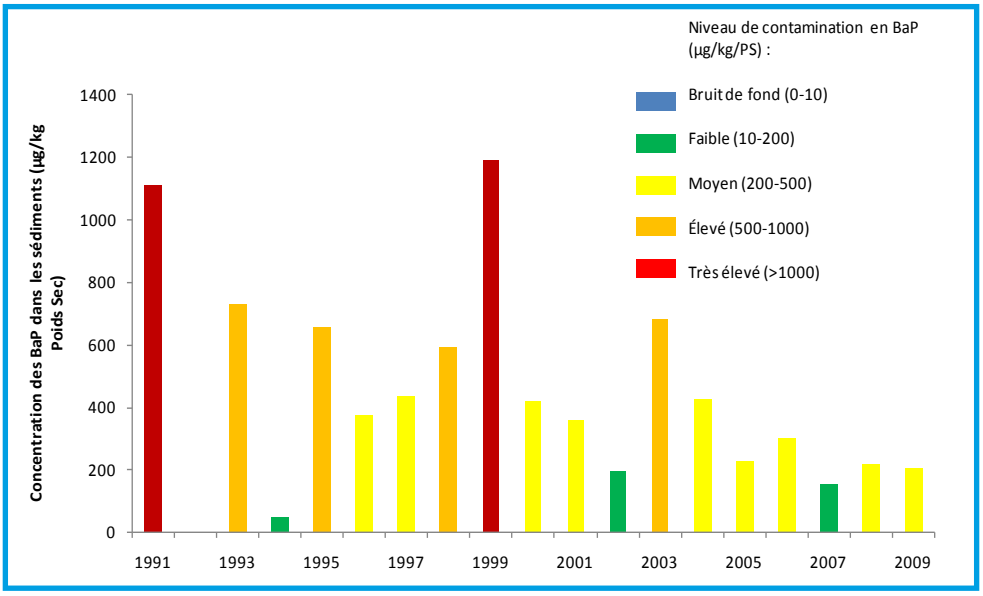

Figure 14 : Contamination par le benzo(a)pyrène dans les sédiments de l'estuaire de la Seine.

5.3. POLYCHLOROBIPHÉNYLES (PCB)

La connaissance des différentes sources en PCB reste très lacunaire[6] :

- émissions atmosphériques : d'après le Centre Interprofessionnel Technique d'Études de la Pollution Atmosphérique (CITEPA), c'est le secteur résidentiel qui contribue le plus aux émissions de PCB par combustion, mais l'estimation de certaines sources reste très incertaine ;
- émissions industrielles : les flux rejetés, y compris par les établissements raccordés à un réseau collectif, seraient de 3 $kg{\cdot}an^{-1}$ pour les 7 PCBi, d'après un inventaire 2003-2005 ;
- STEP urbaines : le rendement global d'épuration est relativement élevé (environ 75 % à Achères), et les quantités de PCB provenant de l'épandage agricole des boues de STEP sont estimées à 40 $kg{\cdot}an^{-1}$ en moyenne dans les années 2000 ;
- rejets sauvages ou accidentels et sources secondaires (stocks environnementaux).

Évolution des contaminations : elle a culminé dans les années 1960 en Europe. Depuis, les mesures d'élimination n'auraient pas encore produit tous les effets escomptés : moins de 20 % des PCB susceptibles d'être éliminés l'auraient été dans des installations habilitées ; les volumes stockés constituent encore de nos jours une source potentielle de contamination de l'environnement. De ce fait, il est difficile aujourd'hui de tirer des tendances complètement généralisables. Dans l'air, les concentrations de PCB ont diminué à Paris d'un facteur 4 entre

6 Extrait du fascicule PIREN 2009 sur la micropollution organique dans le bassin de la Seine.

1990 et 2000 ; dans les retombées aux sols, les PCB ont aussi diminué mais nettement moins vite.

Dans l'eau, les flux de PCB totaux du bassin Seine-Normandie à l'estuaire sont évalués entre 30 et 430 kg·an^{-1}, de 1988 à 2005 ; la tendance est à la diminution en 7 PCBi de 200 à 100 kg·an^{-1}. Les concentrations dans l'eau de l'estuaire sont aujourd'hui au niveau des limites de détection. Concernant les sédiments, la tendance est aussi à la décroissance, hormis une brutale remontée en 1999, d'origine vraisemblablement accidentelle, suivie d'une nouvelle baisse, mais moins marquée. La Seine et son estuaire présentent encore des teneurs élevées en comparaison des autres fleuves français. Dans les moules de l'est de la baie de Seine, les teneurs commencent à baisser mais restent encore très supérieures à celles d'autres secteurs. En outre, les teneurs retrouvées dans les poissons peuvent dépasser les normes sanitaires, ce qui a conduit à l'édiction d'arrêtés interdisant leur consommation dans l'estuaire (toutes espèces) et dans la baie (anguille, sardine).

Un certain nombre de points chauds avec des teneurs pouvant atteindre ou dépasser le mg·kg^{-1} de poids sec ont également été mis en évidence à l'entrée dans l'estuaire à Poses et à proximité d'Elbeuf et de l'agglomération rouennaise. Ces stockages, qui témoignent de l'importance des apports historiques ou actuels de la région parisienne, peuvent constituer des sources secondaires de contamination en cas de remise en suspension lors d'une crue ou à l'occasion de travaux hydrauliques et de transferts de boues de dragage.

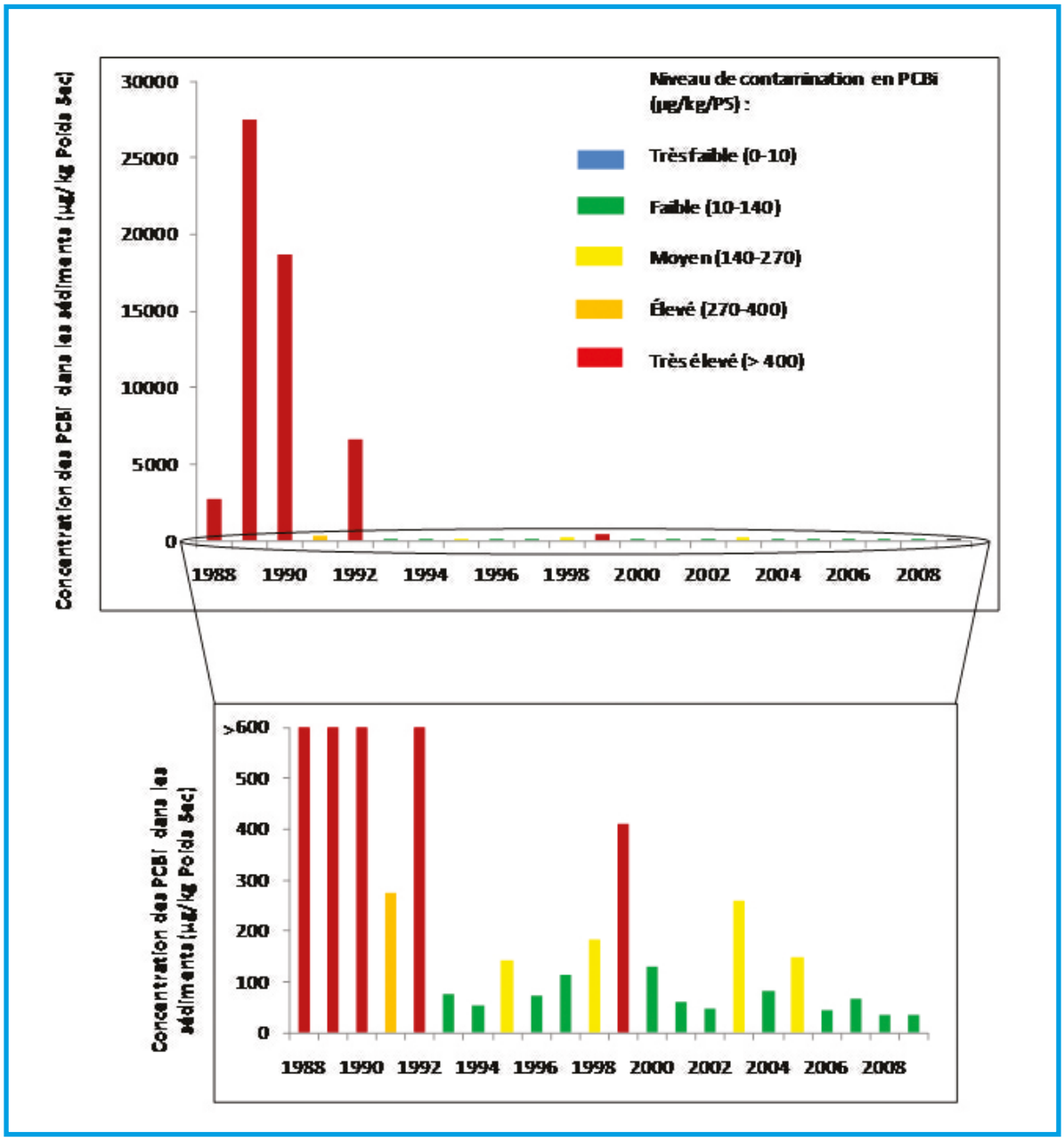

Figure 15 : Contamination par les PCBi dans les sédiments de l'estuaire de la Seine (Sources : GIP Seine Aval, 2010).

5.4. PHTALATES-DEHP

Les phtalates, dérivés d'hydrocarbures aromatiques, sont principalement employés comme plastifiants dans l'industrie des polymères et dans une moindre mesure dans les cosmétiques, peintures, lubrifiants, etc. Ils sont présents dans tous les compartiments de l'environnement. Le diéthylhexylphtalate (DEHP), le plus répandu d'entre eux, fait partie de la liste des 33 substances prioritaires de la DCE. Certains de ses usages sont interdits (jouets pour jeunes enfants, articles de puériculture).

Ce sont des composés semi-volatils présentant une certaine affinité envers les sédiments, la matière organique ou les lipides. Les phtalates sont assez facilement dégradés par la lumière et sont donc plus persistants dans les sédiments, notamment le DEHP.

En termes de bilan, de nombreuses incertitudes demeurent. Les émissions de temps sec proviendraient essentiellement des rejets industriels et des STEP communales. Par temps de pluie, les émissions les plus significatives proviendraient du relargage par les sédiments, du débordement des réseaux d'assainissement et des flux diffus provenant des déchets laissés dans l'environnement et des utilisations extérieures de polymère PVC.

Les pics de contamination de la Seine lors d'évènements pluvieux corroborent l'importance de ces sources diffuses. En amont de Paris, les concentrations sont faibles. Les valeurs les plus élevées sont atteintes à la traversée de l'agglomération parisienne. Elles tendent ensuite à légèrement diminuer vers l'aval. Dans l'eau de l'estuaire, le DEHP est retrouvé à des concentrations de quelques $\mu g \cdot l^{-1}$ (en diminution depuis les années 1990), proches de la NQE établie pour l'eau à 1,3 $\mu g \cdot l^{-1}$ pour le DEHP. Dans les sédiments des affluents de l'estuaire, les valeurs peuvent atteindre quelques centaines de $\mu g \cdot kg^{-1}$. Dans le biote, on a détecté des « points chauds » en phtalates dans les moules de l'ouest Cotentin. Cependant, les valeurs les plus élevées se retrouvent dans l'est de la baie de Seine.

5.5. PESTICIDES

La liste des matières actives (MA) les plus retrouvées dans les eaux superficielles du bassin Seine-Normandie en 2009 fait ressortir la présence de MA interdites, dont le diuron, l'atrazine et le DDT, dont les concentrations sont en diminution régulière depuis plusieurs années, mais dont la rémanence reste une réalité, et de 4 MA présentes dans la liste des produits les plus vendus : isoproturon, chlortoluron, glyphosate et 2,4-MCPA. Les métabolites font également partie du peloton de tête des molécules retrouvées, notamment ceux du glyphosate et de l'atrazine.

Dans l'estuaire de la Seine, les pesticides sont détectés dans tous les compartiments aquatiques. À noter que seulement 15 % des pesticides recherchés dans les eaux de la Seine (65 substances sur 429 recherchées, cf annexe tableau 4) ont été détectés au moins une fois sur la période 2007-2008-2009. Des pics de concentration peuvent être observés durant les périodes d'utilisation, au printemps et lors d'épisodes pluvieux généralement.

5.6. AUTRES SUBSTANCES

Les **organoétains (TBT, TPhT et dérivés)** ont été essentiellement utilisés comme biocides dans les peintures marines antisalissures, dans les produits de traitement du bois et comme antifongiques. Leur forte toxicité pour l'environnement (bioaccumulation, etc.) leur vaut d'être inscrits sur la liste des substances dangereuses prioritaires de la DCE. Bien qu'aujourd'hui en grande partie interdits, leur biodégradabilité modérée dans l'eau de mer et lente dans les sédiments fait qu'on les retrouve encore dans les sédiments estuariens (plusieurs dizaines de $\mu g \cdot kg^{-1}$ de poids sec pour le TBT, DBT et MBT) et dans le biote (TBT dans les moules de l'estuaire de la Seine, MBT et DBT dans l'ensemble de la baie), la source essentielle d'émission étant les anciennes peintures antisalissures, encore existantes.

Les **PBDE (polybromodiphénylethers)** sont des retardateurs de flamme, très présents dans les produits de consommation, notamment électroniques et informatiques. Ils sont aussi persistants dans l'environnement que les PCB et présentent un fort potentiel de bioaccumulation et de biomagnification. Ce groupe est inscrit

sur la liste des substances dangereuses prioritaires de la DCE. De nombreux composés de ce groupe font l'objet de mesures d'interdiction ou de restriction. Retrouvées à des concentrations très faibles dans l'eau (quelques $ng \cdot l^{-1}$) du fait de leur hydrophobie, les teneurs dans les sédiments sont plus importantes, mais très variables selon le congénère considéré.

Les substances pharmaceutiques et hormones sont des composés synthétiques d'usage très répandu, créées pour avoir un effet biologique thérapeutique. Leurs comportements et leurs effets sont encore mal connus, de nombreux programmes de recherche sont en cours pour mieux les évaluer. On sait, par contre, que l'effet des antibiotiques sur les algues est réel et que celui des hormones comme perturbateur endocrinien des poissons et coquillages est possible[7]. Quant aux sources d'émissions, les principales correspondent aux rejets des STEP urbaines, des établissements de soin et aussi des effluents d'élevage, *via* les épandages sur les sols agricoles. Enfin, les mesures existantes semblent indiquer des concentrations dans les eaux superficielles très faibles (1à 100 $ng \cdot l^{-1}$) mais suffisantes pour être actives.

Les **alkylphénols** sont très utilisés depuis les années 1980 comme agents de nettoyage dans les détergents non ioniques ou comme dispersants et émulsifiants. Nonylphénols (NP) et octylphénols (OP) sont les produits de dégradation des molécules commercialisées. Le NP est classé comme substance prioritaire dangereuse et l'OP comme substance prioritaire par la DCE. Ils ont été fréquemment retrouvés dans les rejets industriels et urbains suivis dans le cadre du 3RSDE. Ils s'accumulent dans la flore aquatique et dans les graisses de la faune, mais peuvent être métabolisés. Leur persistance, de quelques semaines dans l'eau, peut atteindre 30 à 60 ans dans les sédiments. Dans le bassin Seine-Normandie, des teneurs de 3, 0,5 et 0,2 $mg \cdot kg^{-1}$ ont été respectivement retrouvées dans des sédiments en site urbain, en site industriel et en zone agricole. Dans l'eau de rivière, des teneurs peuvent varier de quelques $\mu g \cdot l^{-1}$ à plusieurs $mg \cdot l^{-1}$.

6. CONCLUSION

Le grand nombre de substances en jeu, la diversité des sources d'émission et la complexité des voies de transfert, couplés à des connaissances encore lacunaires, rendent aujourd'hui difficile l'établissement d'un bilan des flux aux entrées et aux sorties des bassins hydrographiques continentaux.

On constate néanmoins la prépondérance des sources diffuses sur les sources ponctuelles pour plusieurs familles de substances dont les métaux, HAP, PCB et pesticides, l'importance du transport atmosphérique dans les mécanismes de transfert, une tendance à la baisse aussi bien dans les émissions que dans les milieux pour ces mêmes substances d'usage ancien et parfois interdit. Par ailleurs, la diffusion lente et persistante de substances à partir de stocks résiduels existant dans les sols et les sédiments ou provenant de l'usure de matériaux (toiture, revêtement, etc.) est une réalité encore difficile à quantifier.

On a également moins de recul vis-à-vis d'autres familles de substances comme les phtalates, les alkilphénols, etc. fréquemment retrouvées dans les rejets industriels et urbains.

7 Guide des substances toxiques dans les eaux douces et littorales élaboré par l'AESN en 2008 – page 251 et 252.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[1] Hosatte C., 2000. Inventaire qualitatif et quantitatif des produits et sous-produits utilisés en agriculture sur le bassin Seine-Normandie. Trappes, Institut Supérieur de l'Environnement : 69.

[2] Dufresne L., 2004. Évaluation du flux de métaux lourds vers les eaux superficielles du bassin Seine-Normandie, rapport à l'AESN.

LISTE DES ABRÉVIATIONS

AMPA : Acide Aminométhylphosphonique
BNV-D : Banque Nationale de Ventes de produits phytosanitaires
BTEX : Benzène Toluène Ethyl-benzène et Xylène
CITEPA : Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique
COV : Composés Organiques Volatils
COHV : Composés Organiques Halogénés Volatils
DBT : Dibutylétain
DCE : Directive Cadre sur l'Eau
DEHP : Diethyl hexyl phtalate
EUTC : Eaux Usées de Temps Sec
HAP : Hydrocarbures Polycycliques Aromatiques
INERIS : Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques
GIP : Groupement d'Intérêt Public
MA : Matières Actives
MBT : Monobutylétain
MI : Matière Inhibitrice
NQE : Norme de Qualité Environnementale
NP : Nonylphénol
OP : Octylphénol
OPUR : Observatoire des Polluants URbains
PBDE : polybromodiphénylethers
PCB : polychlorobiphényls
PIREN Seine : Programme Interdisciplinaire de Recherche sur l'Environnement de la Seine
PVC : Polychlorure de vinyle
3RSDE : programme national de Recherche et de Réduction des Rejets de Substances Dangereuses dans l'Eau
SAU : Surface Agricole Utile
SDAGE : Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SIAAP : Syndicat Interdépartemental pour l'Assainissement de l'Agglomération Parisienne
STEP : Station d'Epuration
TBT : Tributylétain
Toxicité : T (toxique), T+ (très toxique), CMR (cancérigène, mutagène et reprotoxique)
UIPP : Union des Industries de la Protection des Plantes
VLE : Valeur Limite d'Emission

SUBSTANCES	FLUX EAUX BRUTES NORMALISÉ PAR LE FLUX DE DCO EN ENTRÉE (G/G DE DCO)									
	0 < STEP < 5 000 EH			5 000 < STEP < 50 000 EH			STEP > 50 000 EH			
	Flux (g/g de DCO)	n	Occurrence (%)	Flux (g/g de DCO)	n	Occurrence (%)	Flux (g/g de DCO)	n	Occurrence (%)	Fréquence générale
Zinc et ses composés	3,77E-04	27	100	4,08E-04	32	97	5,22E-04	32	97	**98**
Cuivre et ses composés	1,01E-04	24	89	1,74E-04	25	76	1,74E-04	31	94	**86**
Phénol	9,91E-05	8	30	1,21E-04	11	33	1,10E-04	10	30	**31**
Di (2-éthylhexyl)phtalate	9,73E-05	18	67	8,64E-05	26	79	3,72E-02	26	79	**75**
Nickel et ses composés	8,20E-05	5	19	5,35E-05	5	15	2,32E-05	14	42	**26**
3-méthylphénol	5,25E-05	5	19	-	-	-	5,90E-05	5	15	**11**
Cadmium et ses composés	4,23E-05	4	15	-	-	-	1,49E-06	8	24	**13**
Plomb et ses composés	3,98E-05	24	89	6,86E-05	16	48	7,33E-05	25	76	**70**
2-méthylphénol	3,56E-05	7	26	-	-	-	-	-	-	**8**
4-méthylphénol	3,15E-05	5	19	-	-	-	-	-	-	**5**
Chrome et ses composés	2,67E-05	13	48	4,88E-05	10	30	2,97E-05	16	48	**42**
Diisobutylphtalate	2,18E-05	3	11	-	-	-	-	-	-	**3**
Acide trichloroacétique	2,08E-05	14	52	3,03E-05	9	27	2,31E-05	4	12	**29**
Xylènes (Somme o,m,p)	1,91E-05	4	15	3,10E-06	7	21	2,54E-06	12	36	**25**
Arsenic et ses composés	1,83E-05	11	41	2,66E-05	15	45	4,64E-06	11	33	**40**
Toluène	9,90E-06	16	59	3,60E-06	15	45	1,85E-05	20	61	**55**
Acide dichloroacétique	7,86E-06	8	30	4,16E-05	6	18	-	-	-	15
Tributylphosphate	7,67E-06	4	15	2,11E-06	5	15	8,32E-04	12	36	**23**
AMPA	7,24E-06	14	52	5,22E-06	6	18	9,14E-06	5	15	**27**
Di-n-butylphtalate	6,39E-06	4	15	-	-	-	-	-	-	**4**
Glyphosate	5,27E-06	13	48	3,98E-06	5	15	-	-	-	**19**
Chloroforme	3,68E-06	10	37	8,15E-06	9	27	5,67E-06	20	61	**42**
Nonylphénols	3,51E-06	3	11	7,73E-06	5	15	2,17E-05	6	18	**15**
HAP	2,89E-06	10	37	1,10E-06	9	27	-	-	-	**20**
Diuron	1,39E-06	5	19	1,10E-06	9	27	2,59E-06	6	18	**22**
Atrazine	1,37E-06	4	15	-	-	-	-	-	-	**4**
2,4-dichlorophénol	1,31E-06	6	22	-	-	-	1,09E-06	9	27	**16**
4-chloro-3-méthylphénol	4,91E-07	5	19	-	-	-	3,58E-06	5	15	**11**
Naphtalène	4,84E-07	10	37	7,26E-07	10	30	7,51E-07	15	45	**38**
Phénanthrène	4,50E-07	11	41	3,07E-07	6	18	7,40E-07	12	36	**31**

Anthracène	4,21E-07	4	15	-	-	-	2,71E-07	7	21	**12**
Benzo (b) Fluoranthène	3,97E-07	4	15	7,88E-08	6	18	2,02E-04	10	30	**22**
Biphényle	3,91E-07	3	11	-	-	-	1,52E-07	5	15	**9**
Fluoranthène	3,83E-07	12	44	1,96E-07	11	33	2,95E-04	15	45	**41**
Fluorène	3,81E-07	9	33	-	-	-	2,38E-07	9	27	**19**
Pyrène	3,59E-07	11	41	2,15E-07	6	18	7,25E-07	11	33	**30**
Chrysène	3,02E-07	5	19	-	-	-	6,57E-07	7	21	13
Benzo (a) Pyrène	1,91E-07	3	11	4,52E-08	5	15	2,33E-04	9	27	**18**
Benzo(a)anthracène	1,82E-07	6	22	-	-	-	8,80E-07	6	18	**13**
Acénaphtène	1,60E-07	4	15	1,24E-07	7	21	1,72E-07	7	21	**19**
2,4,6-trichlorophénol	5,41E-08	3	11	-	-	-	9,32E-08	8	24	**12**
Pentachlorophénol	3,72E-08	3	11	-	-	-	6,38E-08	5	15	**9**
1,4-dichlorobenzène	-	-	-	-	-	-	1,51E-06	6	18	**6**
4-(para)-nonylphénol	-	-	-	-	-	-	1,65E-05	6	18	**6**
4-tert-butylphénol	-	-	-	-	-	-	8,60E-07	5	15	**5**
Benzo (g,h,i) Pérylène	-	-	-	3,82E-08	5	15	2,69E-04	7	21	**13**
Benzo (k) Fluoranthène	-	-	-	1,77E-08	5	15	1,21E-04	9	27	**15**
Chlorure de méthylène	-	-	-	-	-	-	3,63E-05	12	36	**13**
Décabromodiphényléther	-	-	-	-	-	-	5,10E-05	5	15	**5**
Dichlorophénols (somme des 6 isomères)	-	-	-	8,31E-07	5	15	1,40E-06	5	15	**11**
Diphényléthers bromés ()	-	-	-	-	-	-	1,13E-07	5	15	**5**
Indeno (1,2,3-cd) Pyrène	-	-	-	4,11E-08	6	18	8,11E-07	7	21	**14**
Mercure et ses composés	-	-	-	-	-	-	8,27E-07	8	24	**9**
Méthyl-2-naphtalène	-	-	-	-	-	-	6,49E-07	4	12	**4**
Octylphénols (para-tert-octylphénol)	-	-	-	-	-	-	3,66E-03	4	12	**4**
Pentabromodiphényléther	-	-	-	-	-	-	2,61E-08	6	18	**6**
Tétrabromodiphényléther	-	-	-	-	-	-	1,52E-08	4	12	4
Tétrachloroéthylène	-	-	-	9,13E-06	7	21	1,78E-05	19	58	**28**
Trichloroéthylène	-	-	-	-	-	-	1,03E-05	11	33	**12**

Tableau 1 : Flux moyens des substances par g de DCO (Demande Chimique en Oxygène) pour les eaux brutes.

Légende de couleurs

Métaux	PBDE		Alkylphénols
Phénols et dérivés	Chlorophénols		Phtalates (plastifiant)
Pesticides	COV et COHV	COV et COHV	HAP

	FLUX EAUX TRAITÉES NORMALISÉE PAR LE FLUX DE DCO EN SORTIE (G/G DE DCO)												
SUBSTANCES	0 < STEP < 5 000 EH				5 000 < STEP < 50 000 EH				STEP > 50 000 EH				
	Flux (g/g de DCO)	Flux (mol/g de DCO)	n	Occurrence (%)	Flux (g/g de DCO)	Flux (mol/g de DCO)	n	Occurrence (%)	Flux (g/g de DCO)	Flux (mol/g de DCO)	n	Occurrence (%)	Fréquence générale
Zinc et ses composés	1,52E-03	2,32E-05	36	95	1,81E-03	2,77E-05	55	80	1,55E-03	2,37E-05	67	97	**90**
Cuivre et ses composés	2,56E-04	4,03E-06	22	58	5,94E-04	9,35E-06	31	45	4,02E-04	6,33E-06	43	62	**55**
Nickel et ses composés	2,47E-04	4,21E-06	4	11	2,13E-03	3,63E-05	10	14	5,86E-04	9,98E-06	15	22	**16**
Di (2-éthylhexyl)phtalate	1,18E-04	3,02E-07	22	58	3,73E-04	9,55E-07	51	74	2,63E-04	6,73E-07	44	64	**66**
Chrome et ses composés	1,18E-04	2,27E-06	8	21	2,20E-03	4,23E-05	12	17	9,36E-04	1,80E-05	14	20	**19**
AMPA	1,07E-04	5,75E-07	14	37	3,97E-05	2,13E-07	7	10	-	-	-	-	**12**
Arsenic et ses composés	6,27E-05	8,37E-07	13	34	3,18E-04	4,24E-06	13	19	8,87E-05	1,18E-06	7	10	**19**
Glyphosate	6,07E-05	3,59E-07	13	34	9,16E-06	5,42E-08	8	12	-	-	-	-	**12**
Plomb et ses composés	5,49E-05	2,65E-07	19	50	2,17E-04	1,05E-06	16	23	1,82E-04	8,78E-07	22	32	**32**
Acide trichloroacétique	2,37E-05	1,45E-07	13	34	5,88E-05	3,60E-07	7	10	-	-	-	-	**11**
Phénol	1,74E-05	1,85E-07	6	16	-	-	-	-	-	-	-	-	**3**
Diuron	6,83E-06	2,93E-08	15	39	1,05E-05	4,50E-08	30	43	3,98E-05	1,71E-07	29	42	**42**
Atrazine	6,34E-06	2,95E-08	5	13	-	-	-	-	6,95E-07	3,24E-09	8	12	**7**
Nonylphénols	3,69E-06	1,67E-08	4	11	-	-	-	-	6,98E-05	3,17E-07	7	10	**6**
HAP	3,13E-06		11	29	2,60E-06	-	8	12	-	-	-	-	**11**
Octylphénols (para-tert-octylphénol)	2,84E-06	1,38E-08	4	11	3,24E-06	1,57E-08	12	17	3,34E-06	1,62E-08	8	12	**14**
Tributylphosphate	2,53E-06	9,50E-09	6	16	8,06E-06	3,03E-08	28	41	7,13E-06	2,68E-08	24	35	**33**
Monobutylétain cation	1,15E-06		5	13	1,41E-04	-	15	22	1,17E-06	-	14	20	**19**
Pyrène	5,81E-07	2,87E-09	12	32	1,32E-06	6,53E-09	9	13	1,73E-05	8,55E-08	15	22	**20**
Benzo (b) Fluoranthène	5,25E-07	2,08E-09	9	24	-	-	-	-	-	-	-	-	**5**
Fluoranthène	4,89E-07	2,42E-09	14	37	2,56E-07	1,27E-09	12	17	2,09E-07	1,03E-09	8	12	**19**
Chrysène	4,68E-07	2,05E-09	6	16	-	-	-	-	-	-	-	-	**3**
Phénanthrène	3,49E-07	2,03E-09	11	29	-	-	-	-	-	-	-	-	**6**
2,4,6-trichlorophénol	3,40E-07	1,72E-09	4	11	1,66E-06	8,41E-09	7	10	3,76E-06	1,90E-08	10	14	**12**
Acénaphtène	3,38E-07	2,19E-09	6	16	-	-	-	-	-	-	-	-	**3**
Naphtalène	3,17E-07	2,47E-09	11	29	3,54E-06	2,76E-08	17	25	7,98E-06	6,23E-08	10	14	**22**
Indeno (1,2,3-cd) Pyrène	2,90E-07	1,05E-09	5	13	-	-		-	-	-	-	-	**3**
Benzo(a)anthracène	2,64E-07	1,16E-09	4	11	-	-		-	-	-	-	-	**2**
Benzo (a) Pyrène	2,51E-07	9,95E-10	7	18	-	-		-	-	-	-	-	**4**
Benzo (g,h,i) Pérylène	2,32E-07	8,40E-10	5	13	-	-		-	-	-	-	-	**3**
2,4-dichlorophénol	-	-	-	-	3,72E-06	2,28E-08	8	12	1,76E-06	1,08E-08	7	10	**9**

4-chlorophénol	-	-	-	-	1,16E-04	8,95E-07	8	12	-	-	-	-	**5**
4-(para)-nonylphénol	-	-	-	-	-			-	5,58E-05	2,53E-07	10	14	**6**
4-tert-butylphénol	-	-	-	-	8,37E-06	5,57E-08	13	19	1,43E-05	9,52E-08	9	13	**13**
Chloroforme	-	-	-	-	1,97E-05	1,65E-07	8	12	1,87E-05	1,57E-07	17	25	**14**
Dibutylétain cation	-	-	-	-	1,19E-06	5,11E-09	7	10	-	-	-	-	**4**
gamma isomère - Lindane	-	-	-	-	6,25E-07	2,15E-09	7	10	-	-	-	-	**4**
Pentachlorophénol	-	-	-	-	9,11E-07	3,42E-09	9	13	-	-	--	-	**5**
Trichloroéthylène	-	-	-	-	-	-		-	1,78E-05	1,35E-07	7	10	4

Tableau 2 : Flux moyens des substances par g de DCO (Demande Chimique en oxygène) pour les eaux traitées.

Légende de couleurs

Métaux	PBDE		Alkylphénols
Phénols et dérivés	Chlorophénols		Phtalates (plastifiant)
Pesticides	COV et COHV	COV et COHV	HAP

SUBSTANCES	TYPES DE SUBSTANCE	PRINCIPAUX CONTRIBUTEURS	FLUX TOTAL SUR LE BASSIN KG/J
LISTE I			
Tétrachloroéthylène	COHV	Station d'épuration urbaine/Traitement des textiles	2,02
Tétrachlorure de carbone	COHV	Station d'épuration urbaine	0,350
Trichloroéthylène	COHV	Station d'épuration urbaine/Traitement Surface/ Travail mécanique des métaux	0,321
SUBSTANCES DANGEREUSES			
Benzène	BTEX	Station d'épuration urbaine/Chimie&parachimie	4,97
Cadmium et ses composés	métaux	Station d'épuration urbaine/'Industrie agro-alimentaire (produits d'origine végétale)	0,894
1,2,4-trichlorobenzène	Chlorobenzènes	'Station d'épuration urbaine	0,861
Nonylphénols	Alkylphénols	Station d'épuration mixte ou industrielle ICPE/ Chimie&parachimie	0,466
Benzo (b) Fluoranthène	HAP	'Station d'épuration urbaine	0,373
4-(para)-nonylphénol	Alkylphénols	'Industrie agro-alimentaire (produits d'origine végétale)/'Chimie et parachimie/'Traitement des cuirs et peaux	0,19
Chloroalcanes C10-C13	paraffines chlorées	'Traitement des textiles/'Traitement de surface revêtement de surface	0,149
Benzo (a) Pyrène	HAP	'Station d'épuration urbaine	0,131
Anthracène	HAP	'Station d'épuration urbaine	0,126
Mercure et ses composés	métaux	Industrie agro-alimentaire (produits d'origine animale)/'Industrie agro-alimentaire (produits d'origine végétale)/'Traitement de surface, revêtement de surface	0,099
SUBSTANCES PRIORITAIRES			
Nickel et ses composés	métaux	''Traitement de surface, revêtement de surface	68,8
Di (2-éthylhexyl)phtalate	Phtalates	Station d'épuration urbaine/'Station d'épuration mixte ou industrielle ICPE/'Blanchisserie/'Industrie agro-alimentaire (produits d'origine animale)	34,0
Plomb et ses composés	métaux	'Station d'épuration urbaine/''Traitement de surface, revêtement de surface	11,1
Chloroforme	COHV	'Industrie pharmaceutique et phytosanitaire/'Traitement des cuirs et peaux/'Station d'épuration urbaine	9,53
Chlorure de méthylène	COHV	Station d'épuration urbaine/'Chimie et parachimie/'Industrie agro-alimentaire (produits d'origine animale)/'Traitement des textiles	8,62
1,2-dichloroéthane	COHV	Chimie et parachimie/STEP Urbaine	1,11
Fluoranthène	HAP	Station d'épuration urbaine	0,658

Tableau 3 : Description des 20 substances majoritaires sur le bassin Loire-Bretagne et des branches d'activité.

FAMILLE DE CONTAMINANTS	PRINCIPAUX USAGES/ SOURCES	BILAN DE LA SURVEILLANCE 2007-2009 DE L'ESTUAIRE DE LA SEINE (GIP SEINE AVAL / DONNÉES AESN-DTTM 76)		AUTRES RÉSULTATS SUR SEINE ET ESTUAIRE	TENDANCES DANS LES REJETS ET LES MILIEUX AQUATIQUES
		% DÉTECTION DE LA SUBSTANCE RECHERCHÉE	SUBSTANCE DÉTECTÉE AU MOINS UNE FOIS		
HAP	Combustion Sous-produit pétrolier	49,4 %	100% (20/20 Subst)		A la baisse dans sources et milieux, mais stocks rémanents
PCB, dioxines et furanes	Isolants électriques combustion de déchets	15,1 %	95,1% (39/41)	Forte contamination des sédiments	A la baisse dans sources et milieux, mais stocks rémanents
PBDE	Retardateur de flamme	4,9 %	94,7% (18/19)	Présence dans sédiments et poissons fouisseurs d'eaux douces -moindre présence dans milieu marin	Forte rémanence dans sédiments pas de tendances observées en eaux douces En mer, contamination maxi durant années 90, en baisse depuis (ifremer 2005)
Organoétains	Peintures antisalissures, biocides	4,9 %	50% (3/6)	Sédiments contaminés	En baisse dans rejets Stocks rémanents dans sédiments
Phtalates	Plastifiant	2,8 %	15,4% (2/13)		DEHP : baisse de la production industrielle – teneur en baisse dans eaux de l'estuaire de Seine
Pesticides	Traitement herbicide, fongicide, insecticide	2,2 %	15,2% (65/429)		baisse progressive des anciens pesticides mais stocks rémanents – devenir nouvelles molécules ?
Composés phénoliques (alkylphénols,..)	Détergent, dispersant	1,1 %	10,8% (4/37)		Forte rémanence pas de tendances observées
Solvants halogénés	Biocide	0,2 %	13,6% (3/22)		Peu toxique pour les milieux aquatiques
Benzène et dérivés	Solvant intermédiaire de synthèse	0 %	16,7% (1/6)		Pas ou peu détecté
Métaux	Multiples usages			Forte contamination sédiments par Hg	en baisse dans rejets (sauf Ni) et milieux, mais stocks rémanents surtout d'Hg, Cd et Pb

Tableau 4 : Récapitulatif des principales familles de contaminants du bassin Seine-Normandie.

FAMILLES	SUBSTANCES
Hydrocarbures aromatiques polycycliques	Anthracène, Benzo (k) Fluoranthène, Biphényle, Fluorène, Méthyl-2- naphtalène
Diphénylethers bromés	Décabromodiphényléther, Diphényléthers bromés, Pentabromodiphényléther, Tétrabromodiphényléther
Phtalates	Di-n-butylphtalate, Diisobutylphtalate
Composés chlorés	Dichlorophénols (somme des 6 isomères), 1,4 dichlorobenzène
Pesticides	Gamma isomère -Lindane
Alkylphénols	Octylphénols (para-tert-octylphénol)
Métaux	Cadmium et ses composés, Mercure et ses composés
Autres composés	Acide dichloroacétique, Tétrachloroéthylène Trichloroéthylène, Toluène, Xylènes (somme o,m,p)

Tableau 5 : Les 20 substances n'étant plus quantifiées dans les eaux rejetées.