



Etat de l'Environnement wallon

Etudes - Expertises

Les micropolluants dans les eaux de surface en Région wallonne

Dossier scientifique réalisé dans le cadre de l'élaboration du Rapport analytique 2006-2007 sur l'état de l'environnement wallon

Ce Rapport est réalisé sous la responsabilité exclusive de son auteur et n'engage pas la Région wallonne

Carole CHALON
Delphine LEROY
Jean-Pierre THOME
Anne GOFFART
Aquapôle - Ulg



Septembre 2006

Carole CHALON est licenciée en sciences biologiques. Elle est chargée de projets au sein de l'Aquapôle et est spécialisée en écotoxicologie et dans la problématique des substances dangereuses.

Delphine LEROY est licenciée en sciences biologiques. Elle est doctorante au sein du LEAE et est spécialisée en écotoxicologie et plus particulièrement dans les biomarqueurs.

Le **Professeur Jean-Pierre THOME** est directeur du laboratoire d'Ecologie animale et d'Ecotoxicologie (LEAE) de l'Université de Liège et Vice-président de l'Aquapôle.

Dr Anne GOFFART est docteur en océanologie. Elle est directrice de l'unité d'intégration de l'Aquapôle.

L'**AQUAPÔLE** est un pôle multi partenarial de recherche-développement et d'expertise en sciences de l'eau au service des institutions publiques, tant régionales qu'internationales, et des entreprises. Les principales activités de l'Aquapôle sont le développement et la réalisation de projets de recherche pluridisciplinaires et intégrés dans tous les domaines de l'eau où que ce soit sur la planète et ce, tant en recherche fondamentale qu'en recherche appliquée. L'Aquapôle aide également à la mise en œuvre des directives européennes et plus particulièrement la directive cadre sur l'eau (2000/60/CE).

Les domaines dans lesquels l'Aquapôle développe ses activités et sa capacité d'expertise couvrent toutes les disciplines et les connaissances relatives à l'étude du milieu naturel (i. e. écosystèmes aquatiques, eau du sol, eaux souterraines, eaux de surface et zones humides) et à la gestion intégrée de tous les types d'eau, le développement de mesures analytiques de la qualité des eaux, permettant d'améliorer leur caractérisation et leur surveillance, et toutes les dimensions se rapportant aux technologies de l'eau, en ce compris le traitement et l'assainissement des eaux.

Aquapôle - Université de Liège
Chemin des chevreuils, 3 ; B – 4000 Liège (Sart Tilman)
Tel : 04/366 50 30 ; 04/366 50 76 ; Fax : 04/366 51 02
E-mail : C.Chalon@ulg.ac.be ; A.Goffart@ulg.ac.be

Les Rapports sur "l'état de l'environnement wallon" sont établis par la Direction générale des Ressources naturelles et de l'Environnement (DGRNE) du Ministère de la Région wallonne, en étroite collaboration avec les universités et les centres de recherche francophones de Wallonie et de Bruxelles (Art. 5 du Décret du 21 avril 1994 relatif à la planification en matière d'environnement dans le cadre du développement durable).

Le 31 mai 2002, le Gouvernement wallon a adopté une convention -cadre pour financer la mise en place d'une coordination inter-universitaire, fondée sur une équipe scientifique permanente et sur un réseau d'expertise. Cette convention-cadre a été passée avec le Centre d'Etude du Développement Durable (CEDD) de l'Institut de Gestion de l'Environnement et d'Aménagement du Territoire (IGEAT) de l'Université Libre de Bruxelles (ULB). L'équipe scientifique est pluridisciplinaire et travaille avec la DGRNE qui assure la coordination générale. Les chercheurs comme les experts scientifiques sont issus de différentes universités.

<http://environnement.wallonie.be/ew>

Table des matières

1. INTRODUCTION	7
1.1. CARACTÉRISATION GÉNÉRALE DES MICROPOLLUANTS ORGANIQUES ET MINÉRAUX DANS LES EAUX	7
1.1.1. <i>Définition des principaux types de micropolluants</i>	7
1.1.1.a. Les micropolluants organiques	7
1.1.1.b. Les micropolluants minéraux ou inorganiques	12
1.1.1.c. Les micropolluants organométalliques	12
1.1.2. <i>Implication des micropolluants dans les textes législatifs</i>	13
1.1.2.a. Droit international	13
1.1.2.b. Droit européen.....	13
1.1.2.c. Droits Belge et wallon	24
1.2. SÉLECTION DES MICROPOLLUANTS LES PLUS PRÉOCCUPANTS EN RÉGION WALLONNE	28
1.2.1. <i>Eaux de surface</i>	28
1.2.2. <i>Eaux de pluie</i>	29
1.2.3. <i>Inventaire des sources de micropolluants et estimation des quantités émises</i>	29
1.2.3.a. Rejets industriels et agricoles	29
1.1.1.b. Autres sources de rejets de nature anthropique.....	35
1.1.1.c. Sources naturelles.....	41
1.1.4. <i>Description générale des impacts potentiels des micropolluants sur l'environnement et l'homme</i>	41
2. SITUATION EN RÉGION WALLONNE: ÉTAT ET ÉVOLUTION DES NIVEAUX DE CONTAMINATION PAR LES MICROPOLLUANTS	43
2.1. CHOIX D'UN INDICATEUR ENVIRONNEMENTAL POUR LES MICROPOLLUANTS	43
2.2. VUE SYNOPTIQUE DU NIVEAU DE CONTAMINATION DES EAUX EN RÉGION WALLONNE	43
2.2.1. <i>Eaux de surface courantes</i>	43
2.2.2. <i>Eaux de surface stagnantes</i>	44
2.3. ÉVOLUTION TEMPORELLE DES NIVEAUX DE CONTAMINATION PAR LES MICROPOLLUANTS.....	45
2.3.1. <i>Eaux de surface courantes</i>	45
2.3.2. <i>Eaux de surface stagnantes</i>	47
2.4. PRÉSENTATION DES NORMES	48
2.4.1. <i>Normes « substances dangereuses »</i>	48
2.4.2. <i>Normes « eaux piscicoles »</i>	49
2.5. ÉVOLUTION DES INDICATEURS ENVIRONNEMENTAUX PAR RAPPORT AUX NORMES	50
2.5.1. <i>Normes « substances dangereuses »</i>	50
2.5.2. <i>Normes « eaux piscicoles »</i>	52
3. FACTEURS EXPLICATIFS DE L'ÉTAT ET DE L'ÉVOLUTION DES NIVEAUX DE CONTAMINATION PAR LES MICROPOLLUANTS	54
3.1. CONTAMINATIONS HISTORIQUES	54
3.2. BRUIT DE FOND PÉDOGÉOCHIMIQUE	56
3.3. ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS	56
3.3.1. <i>Emissions dans l'eau</i>	56
3.3.2. <i>Emissions dans l'air</i>	58
1.1.3. <i>Utilisation des pesticides</i>	61
1.4. CYCLE DE VIE DANS L'ENVIRONNEMENT DES MICROPOLLUANTS CONSIDÉRÉS COMME PROBLÉMATIQUES EN RÉGION WALLONNE.....	64
4. IMPACTS DE LA CONTAMINATION DES EAUX PAR LES MICROPOLLUANTS	66
4.1. IMPACT ENVIRONNEMENTAL DE CERTAINS MICROPOLLUANTS SUR LA FAUNE AQUATIQUE WALLONNE (APTITUDE DE L'EAU À LA BIOLOGIE)	66
4.1.1. <i>Systèmes d'évaluation de la qualité écologique de l'eau</i>	66
4.1.2. <i>Outils d'évaluation des impacts dans les eaux de surface: les biomarqueurs d'exposition</i>	66
4.1.3. <i>Application du biomarqueur EROD aux sous-bassins hydrographiques de la Région wallonne</i>	68

4.1.3.a.	Activités EROD chez les poissons prélevés en Wallonie	69
4.1.3.b.	Classes de qualité de l'eau basées sur les niveaux d'activité EROD	72
4.1.4.	<i>Autres biomarqueurs utilisés en Région wallonne</i>	74
1.2.	IMPACT POTENTIEL SUR LA SANTÉ HUMAINE	75
1.2.1.	<i>Présentation des principaux types d'effet</i>	75
1.2.1.a.	La formation de radicaux libres de l'oxygène	75
1.2.1.b.	Altération de l'expression des gènes	76
1.2.1.c.	Toxicité au niveau d'un organe ou d'un tissu.....	76
1.1.1.d.	Dérégulation endocrinienne.....	79
1.1.1.e.	Mutagenicité.....	79
1.1.2.	<i>Niveaux de contamination de certains poissons par les PCBs, les dioxines et les furannes et normes de consommation</i>	80
1.1.2.a.	Présentation des normes de consommation (PCBs et dioxines).....	80
1.1.2.b.	Concentrations en micropolluants dans les poissons et comparaison avec les normes de consommation	81
5.	RÉPONSES	100
5.1.	MOYENS MIS EN ŒUVRE POUR LA RÉDUCTION DES MICROPOLLUANTS DANS LES EAUX.....	100
5.2.	SYNTHÈSE DE LA QUALITÉ DES EAUX DE SURFACE EN RELATION AVEC L'ÉVOLUTION DES LÉGISLATIONS ET DES OBJECTIFS DE QUALITÉ	104
5.3.	PROPOSITION D' ACTIONS À MENER.....	104
5.4.	INTÉGRATION DES RÉPONSES AU NIVEAU DE LA MISE EN ŒUVRE DE LA DIRECTIVE-CADRE EUROPÉENNE SUR L'EAU	105
	ANNEXE 1 : LISTE I ET II DE LA DIRECTIVE 80/68/CEE.....	106
	ANNEXE 2 : MICROPOLLUANTS RECHERCHÉS EN RÉGION WALLONNE	107
	ANNEXE 3 : INFORMATIONS SUR LE REGISTRE EPER	110
	ANNEXE 4 : INVENTAIRE COMPLET DES REJETS BELGES COMPILÉS PAR LE REGISTRE EPER.....	111
	ANNEXE 5 : LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE DES 7 LACS WALLONS ÉTUDIÉS	120
	ANNEXE 6 : INVENTAIRE DES APPAREILS CONTENANT DES PCBs/PCTs PRÉSENTS SUR LE TERRITOIRE DE LA RÉGION WALLONNE	121
	ANNEXE 7 : ÉVOLUTION DE L'ÉLIMINATION DES APPAREILS CONTENANT DES PCBs	122
	ANNEXE 8 : VALEURS D'ACTIVITÉ EROD MOYENNES MESURÉES CHEZ LES POISSONS PRÉLEVÉS LORS DES DIFFÉRENTES CAMPAGNES DE PÊCHE	123
	ANNEXE 9 : BILAN DE L'ÉCHANTILLONNAGE COMPLET RÉALISÉ DANS LE CADRE DE L'ÉTUDE DE LA CONTAMINATION DES POISSONS D'EAU DOUCE PAR LES PCBs ET LES DIOXINES EN RÉGION WALLONNE.....	125
	ANNEXE 10 : INTÉRÊT DES CHEVAINES (A) ET DES ANGUILLES (B) EN TANT QU'ESPÈCES SENTINELLES DE LA CONTAMINATION DES RIVIÈRES PAR LES PCBs ET LES DIOXINES.....	127
	ANNEXE 11 : RÉCAPITULATIF DES STATIONS D'ÉCHANTILLONNAGE ET ACRONYMES UTILISÉS DANS LES FIGURE 23 À FIGURE 28	128

Liste des illustrations

Figure 3 :	Représentation schématique d'une molécule de détergent.....	9
Figure 4 :	Structure générale des chlorophénols.....	10
Tableau 1 :	Substances des listes I et II (situation au 20 avril 2005).....	14
Tableau 2 :	Substances reprises dans l'annexe X de la directive 2000/60/CE.....	18
Tableau 3 :	Substances actives inscrites et exclues de l'annexe 1 de la directive 91/414/CEE	20
Tableau 4 :	Normes européennes de potabilité (micropolluants).....	23
Tableau 5 :	Normes pour les micropolluants (AR du 04/11/1987).....	24
Tableau 6 :	Normes pour les micropolluants	25
Tableau 7 :	Les 81 substances pertinentes en Région wallonne et leur objectif de qualité (AGW du 12/09/2002).....	26
Tableau 8 :	Substances considérées comme les plus problématiques en Région wallonne	28
Tableau 9 :	Emissions répertoriées par le registre EPER en Région wallonne et en Belgique pour les micropolluants considérés comme les plus préoccupants en Région wallonne (données 2001)	30
Tableau 10 :	Secteurs industriels responsables des émissions (au niveau belge, émissions air-eau confondues) de micropolluants considérés comme les plus préoccupants en Région wallonne (EPER, 2001).....	30
Figure 5 :	Rejets industriels de métaux lourds (kg) considérés comme les plus préoccupants en Région wallonne en 2003.....	31
Tableau 11 :	Utilisations de certaines substances problématiques en Région wallonne et secteurs potentiellement responsables de leurs rejets en eaux de surface	32

Figure 6 : Apports de pesticides dans les sous-bassins hydrographiques wallons (2003)	33
Figure 7 : Répartition des usages de pesticides en Belgique selon le type d'utilisateur (2003)	34
Tableau 12 : Concentrations de certains des pesticides considérés comme les plus problématiques en Région wallonne mesurées dans les eaux de pluie en France	35
Figure 8 : Dépôts moyens (mg/ha) de certains pesticides en Région flamande via les eaux de pluie	35
Tableau 13 : Estimation des rejets d'HAPs et de dioxines/furannes par le secteur des transports en Région wallonne	36
Figure 9 : Processus et principales sources participant à la pollution de l'eau	36
Tableau 14 : Estimation des apports de certains métaux lourds par les eaux usées domestiques en Région wallonne	37
Tableau 15 : Estimation des rejets domestiques de métaux lourds en Région wallonne sur base des rejets en Région flamande	38
Tableau 16 : Moyennes des concentrations (µg/l) en métaux lourds mesurées dans l'eau de pluie dans 5 stations wallonnes pour la période novembre 2004 - avril 2005	39
Tableau 17 : Plage de concentrations de certains métaux lourds dans l'eau de pluie résultant de la compilation de diverses études	39
Tableau 18 : Concentrations en PCBs et en HAPs dans l'eau de pluie, lors d'un événement pluvieux de septembre 1999 en région parisienne	39
Figure 10 : Estimation des quantités d'atrazine associées aux particules de sol exportées vers les cours d'eau en Région wallonne	40
Figure 11 : Niveaux de contamination des cours d'eau wallons en 2005 pour 6 des micropolluants considérés comme les plus problématiques en Région wallonne	44
Tableau 19 : Valeurs moyennes des concentrations en métaux lourds mesurées dans 7 lacs wallons en 2004-2005 (µg/l)	45
Figure 12 : Evolution temporelle des niveaux de contamination (P90) des cours d'eau wallons pour 6 des micropolluants considérés comme les plus problématiques en Région wallonne	46
Figure 13 : Evolution temporelle des niveaux de contamination (P90) des cours d'eau wallons par un congénère d'HAP particulier : le benzo(a)pyrène	47
Tableau 20 : Valeurs moyennes des concentrations (totales) en métaux lourds mesurées dans 6 lacs wallons entre 1995 et 1999 (µg/l)	47
Figure 14 : Comparaison des concentrations moyennes en métaux lourds (µg/l) de 6 lacs wallons entre les périodes 1995-1997 et 2004-2005	48
Tableau 21 : Normes « substances dangereuses » des 15 micropolluants considérés comme les plus préoccupants en eaux de surface en Région wallonne (AGW du 12/09/2002 et AR du 04/11/1987)	49
Tableau 22 : Normes « eaux piscicoles »	49
Tableau 23 : Fréquence annuelle des dépassements de norme pour les 15 substances considérées comme problématiques dans les eaux de surface en Région wallonne (%)	50
Figure 15 : Evolution temporelle des fréquences de dépassement de norme	51
Figure 16 : Localisation des dépassements de normes pour le pyrazon en 2002, 2003 et 2004	52
Figure 17 : Conformité des stations échantillonnées en 2005 par rapport aux normes « eaux piscicoles »	53
Figure 18 : Evolution des conformités aux normes « eaux piscicoles »	53
Tableau 24 : Répartition de la contamination par les PCBs au niveau des différents sites analysés à proximité de la centrale hydraulique de COO (1994-2004)	55
Figure 19 : Rejets de métaux lourds via les eaux usées industrielles en Région wallonne, selon le milieu récepteur et répartition des rejets de métaux lourds en 2003	57
Figure 20 : Evolution des rejets des quatre métaux considérés comme problématique en Région wallonne via les eaux usées industrielles en Région wallonne, selon le milieu récepteur	58
Tableau 25 : Emissions atmosphériques d'origine anthropique répertoriées par EMEP pour la Belgique	59
Tableau 26 : Résultats de l'étude CERVA concernant les niveaux d'utilisation des pesticides en Région wallonne	62
Tableau 27 : Biomarqueurs classés en fonction de leur spécificité décroissante vis-à-vis des polluants	68
Figure 21 : Relation entre l'activité EROD et la concentration en PCBs totaux (24 congénères) exprimée par rapport au poids de lipides chez les chevaines femelles prélevées en automne 2003	71
Tableau 28 : Principales formes d'hépatotoxicité	77
Tableau 29 a : Concentration moyenne en PCBs (24 congénères et 7 traceurs) en ppb (ng/g) par rapport au poids frais pour les rivières échantillonnées dans les sous-bassins de l'Amblève, de la Lesse et de la Meuse-amont (bassin de la Meuse)	84
Tableau 29 b : Concentration moyenne en PCBs (24 congénères et 7 traceurs) en ppb (ng/g) par rapport au poids frais pour les rivières échantillonnées dans le sous-bassin de la Meuse-aval (bassin de la Meuse)	85
Tableau 29 c : Concentration moyenne en PCBs (24 congénères et 7 traceurs) en ppb (ng/g) par rapport au poids frais pour les rivières échantillonnées dans le sous-bassin de l'Ourthe (bassin de la Meuse)	86
Tableau 29 d : Concentration moyenne en PCBs (24 congénères et 7 traceurs) en ppb (ng/g) par rapport au poids frais pour les rivières échantillonnées dans les sous-bassins de la Sambre et de la Semois-Chiers (bassin de la Meuse)	87
Tableau 29 e : Concentration moyenne en PCBs (24 congénères et 7 traceurs) en ppb (ng/g) par rapport au poids frais pour les rivières échantillonnées dans le sous-bassin de la Vesdre (bassin de la Meuse) et dans le sous-bassin de la Moselle (bassin du Rhin)	88
Tableau 29 f : Concentration moyenne en PCBs (24 congénères et 7 traceurs) en ppb (ng/g) par rapport au poids frais pour les rivières échantillonnées dans les sous-bassins de la Dendre, de l'Escaut-Lys et de l'Haine (bassin de l'Escaut)	89

Figure 23 : Comparaison des concentrations en PCBs (7 traceurs) dans le muscle des chevaines femelles par rapport à la norme actuelle de 75 ng/g de poids frais. La signification des acronymes utilisés est présentée en Annexe 11.....	91
Figure 24 : Pourcentage de dépassement des concentrations en PCBs (7 traceurs) dans le muscle des chevaines femelles par rapport à la norme actuelle de 75 ng/g de poids frais. La signification des acronymes utilisés est présentée en Annexe 11.....	91
Figure 25 : Comparaison des concentrations en PCBs (7 traceurs) dans le muscle des chevaines mâles par rapport à la norme actuelle de 75 ng/g de poids frais. La signification des acronymes utilisés est présentée en Annexe 11.....	92
Figure 27 : Comparaison des concentrations en PCBs (7 traceurs) dans le muscle des anguilles par rapport à la norme actuelle de 75 ng/g de poids frais. La signification des acronymes utilisés est présentée en Annexe 11.....	93
Figure 28 : Pourcentage de dépassement des concentrations en PCBs (7 traceurs) dans le muscle des anguilles par rapport à la norme actuelle de 75 ng/g de poids frais. La signification des acronymes utilisés est présentée en Annexe 11.....	93
Carte 1 : Niveau de contamination des anguilles par les PCBs (ng/g poids frais) dans les rivières wallonnes.....	94
Carte 2 : Niveau de contamination des chevaines par les PCBs (ng/g poids frais) dans les rivières wallonnes.....	95
Figure 29: Concentrations en PCDDs et PCDFs exprimées en pg TEQ-OMS/g de poids frais mesurées dans les muscles des poissons prélevés en Région wallonne.....	96
Carte 3 : Niveau de contamination des anguilles par les PCDDs et PCDFs (pg OMS-TEQ/g poids frais) dans les rivières wallonnes.....	97
Carte 4 : Niveau de contamination des chevaines par les PCDDs et PCDFs (pg OMS-TEQ/g poids frais) dans les rivières wallonnes.....	98
Carte 5: Niveau de contamination des brèmes, des sandres, des barbeaux et des brochets par les PCDDs et PCDFs (pg OMS-TEQ/g poids frais) dans les rivières wallonnes.....	99
Tableau 30 : Situation évolutive des 15 micropolluants considérés comme problématiques en Région wallonne.....	104

1. Introduction

1.1. Caractérisation générale des micropolluants organiques et minéraux dans les eaux

1.1.1. Définition des principaux types de micropolluants

Avant de définir les micropolluants peut-être est-il bon de rappeler ce qu'est un « polluant ». Un **polluant** est une substance chimique, naturelle ou non, que l'on rencontre dans l'environnement à des concentrations supérieures à la normale¹ suite à l'activité humaine et qui entraîne des troubles biologiques (e.g. mort d'individus, apparition de pathologies diverses, perturbations des écosystèmes).

Le terme **micropolluant** reprend les substances responsables de tels troubles à de faibles concentrations dans l'eau, l'air, les organismes (de l'ordre du μg par litre ou par kilo ; d'où le préfixe « micro »). Ces substances possèdent généralement les caractéristiques suivantes : elles sont rémanentes, pénètrent facilement dans les organismes et sont issues de sources le plus souvent diffuses. Les micropolluants se distinguent des macropolluants par le fait que ces derniers nécessitent des concentrations importantes avant d'engendrer des effets néfastes chez les organismes (e.g. nutriments). Les macropolluants présentent donc, à concentrations égales, une toxicité moindre que celle des micropolluants.

On distingue 3 grands groupes de micropolluants : les micropolluants organiques, les micropolluants minéraux ou inorganiques et les micropolluants organométalliques.

Les substances radioactives constituent un groupe à part et ne sont donc pas reprises dans la famille des micropolluants. En effet la pollution causée par ce genre de molécules (rayonnements) est, au même titre que le bruit et la chaleur, plutôt du type physique que biologique.

1.1.1.a. Les micropolluants organiques

Les micropolluants organiques regroupent de nombreux types de composés. Ils possèdent cependant un point commun : ils contiennent tous du carbone².

Quand on parle de polluants organiques on pense immédiatement aux POPs. POP est l'acronyme de Polluants Organiques Persistants. Les **POPs**, tels que défini en mai 2001 par la convention de Stockholm (voir point 1.1.2.a), sont des composés

- hautement toxiques pour l'environnement et l'homme,
- qui persistent plusieurs années avant d'être dégradés³ en molécules moins dangereuses,
- qui sont capables d'être transportés sur de longues distances principalement via l'atmosphère mais aussi via l'eau et qui se retrouvent ainsi sur l'ensemble du globe (air, eau, sols, organismes) et
- qui s'accumulent dans les tissus et les chaînes alimentaires.

¹ Les concentrations dites normales sont les concentrations naturelles que l'on rencontre en dehors de toute activité de nature anthropique.

² Exception : le monoxyde de carbone (CO) et le dioxyde de carbone (CO₂) ne sont pas considérés comme des polluants organiques.

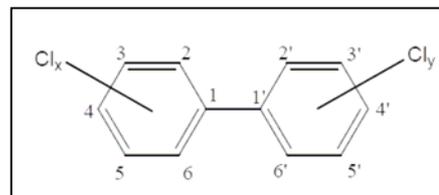
³ Concerne tout type de dégradation (abiotique et biotique).

1.1.1.a.1 Non pesticides

1.1.1.a.1.1. Hydrocarbures

Les hydrocarbures sont constitués de carbone et d'hydrogène uniquement (C_xH_y). Ils peuvent être divisés en 2 classes : les hydrocarbures non aromatiques (alcanes, alcènes et alcynes) et aromatiques. La classe des hydrocarbures aromatiques peut également être scindée en deux : les monocycliques (HAMs ; e.g. benzène, toluène, xylène) et les polycycliques (e.g. fluoranthène, benzo(a)pyrène). Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAPs) sont, pour la plupart, massivement formés lors de la combustion incomplète de matières organiques. Les hydrocarbures aromatiques monocycliques sont quant à eux principalement libérés lors de la combustion de carburants.

Figure 1 : Structure chimique générale des PCBs



La majorité des hydrocarbures sont des composés faiblement hydrosolubles (et donc plus ou moins lipophiles⁴).

1.1.1.a.1.2. Biphényles polychlorés (PCBs)

Les biphényles polychlorés ou PCBs sont des molécules de synthèse constituées d'un noyau biphényle auquel s'ajoutent 1 à 10 atomes de chlore. Selon le nombre et la position de ces atomes de chlore, on distingue 209 congénères (numérotés de 1 à 209) répartis en 10 groupes d'isomères. Parmi les congénères, 7 sont les plus représentatifs de la contamination de l'environnement car ce sont eux que l'on retrouve le plus fréquemment et en concentrations importantes dans les mélanges commerciaux (il existe 7 PCBs traceurs : 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180). De par leurs propriétés particulières (stabilité thermique, résistance à l'oxydation par les acides et les bases, qualité diélectriques) les PCBs ont été largement utilisés par l'homme, sous forme d'huiles, principalement comme isolants diélectriques dans les condensateurs et transformateurs électriques. Les PCBs sont utilisés en mélanges de plusieurs congénères dont les noms commerciaux les plus connus sont Aroclor et Askarel.

Les PCBs sont des molécules hautement rémanentes⁵ et lipophiles. Ils se bioaccumulent donc facilement.

1.1.1.a.1.3. Biphényles polybromés (PBBs)

Les biphényles polybromés présentent une structure semblable à celle des PCBs si ce n'est que les atomes de chlore sont remplacés par des atomes de brome. Ils ont été utilisés en mélange comme retardateur de flamme. Ce sont des molécules rémanentes et lipophiles.

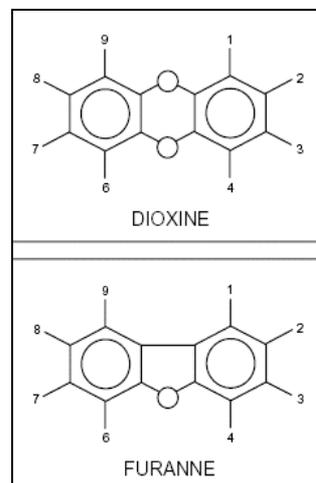
⁴ Le caractère lipophile d'une substance est important d'un point de vue (éco)toxicologique. En effet, une telle substance est capable de traverser les membranes cellulaires et de pénétrer ainsi dans les organismes au sein desquels elle peut s'accumuler.

⁵ Un composé rémanent est un composé qui est difficilement dégradable (dégradation abiotique et biotique) et qui persiste ainsi longtemps dans l'environnement (plusieurs semaines, mois voire années).

1.1.1.a.1.4. Dibenzodioxines polychlorées (PCDDs)

La dibenzodioxine polychlorée la plus connue est sans aucun doute la 2,3,7,8-tétrachlorobenzodioxine (2,3,7,8-TCDD), mieux connue sous le nom de « dioxine ». Elle est extrêmement toxique pour les poissons, les oiseaux et les mammifères⁶. Il existe 75 congénères différents de PCDDs (fonction du nombre et de la position des atomes de chlore) et, tout comme les PCBs, ce sont des molécules rémanentes et lipophiles. La structure chimique générale des dioxines est présentée à la Figure 2a. Les PCDDs sont des sous-produits générés lors de la synthèse d'autres produits (certains désinfectants, produits de préservation du bois et herbicides) et lors de la combustion de certains déchets (PCBs en particulier) et de produits pétroliers.

Figure 2 : Structure générale des dioxines (a) et des furannes (b)



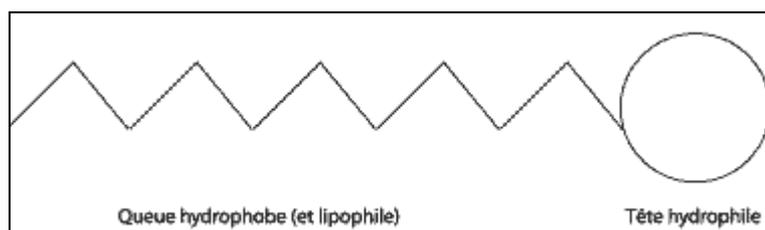
1.1.1.a.1.5. Dibenzofurannes polychlorés (PCDFs)

Les dibenzofurannes polychlorés ou PCDFs sont proches des PCDDs et ce, tant au niveau de leur origine que de leur structure (les PCDDs possèdent un atome d'oxygène supplémentaire ; Figure 2b). Comme elles, les PCDFs sont des sous-produits chimiques, générés involontairement lors de la synthèse d'autres produits (tels les chlorophénols), qui ne possèdent aucun usage commercial.

1.1.1.a.1.6. Détergents

Les détergents (ou surfactants) sont des composés aux propriétés tensioactives formés d'une tête hydrophile et d'une longue chaîne hydrocarbonée hydrophobe (Figure 3). Ils sont utilisés dans de nombreux domaines industriels et domestiques comme produits de nettoyage, lessiviels et cosmétiques. Ils interviennent aussi dans la formulation de pesticides et la dispersion des huiles. Ils sont de trois types : anioniques, cationiques et non ioniques.

Figure 3 : Représentation schématique d'une molécule de détergent



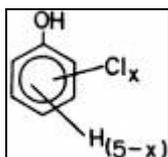
Les alkylphénol polyéthoxylates, détergents non ioniques largement employés, peuvent être dégradés en alkyles phénols dont l'action de perturbateur endocrinien est reconnue (voir définition au point 4.2.1.d).

⁶ Pour la 2,3,7,8-TCDD la toxicité est comparable pour ces 3 groupes d'animaux. Cependant, pour la plupart des autres congénères cette toxicité est plus importante chez les mammifères que chez les poissons et les oiseaux (DE PAUW E., GUSTIN P., NOIRFALISE A., SREBRNIK-FISZMAN S., BODART P., LEBAILLY P., LEROY P., BURNY P., MAGHUIN-ROGISTER G., ZWETKOFF C., MORMONT M. (2000). *Dioxine : de la crise à la réalité*. Les éditions de l'Université de Liège, Liège, Belgique, 119 pp.).

1.1.1.a.1.7. Chlorophénols

Les chlorophénols et plus particulièrement les phénols polychlorés (PCPs) se retrouvent principalement dans les effluents des industries papetières où le chlore est utilisé pour blanchir la pulpe de papier (qui contient des phénols). Certains PCPs sont employés dans la préservation du bois (comme biocide) ce qui constitue une source supplémentaire de rejets de chlorophénols. Ceux-ci sont peu rémanents mais peuvent interagir ensemble (lors du traitement des déchets par exemple) pour former des PCDDs, molécules potentiellement très toxiques. La structure chimique générale des chlorophénols est présentée dans la Figure 4 ci-dessous.

Figure 4 : Structure générale des chlorophénols



1.1.1.a.1.8. Esters de phtalate

Les esters de phtalate sont des plastifiants utilisés pour améliorer la flexibilité du plastique. N'étant pas liés de manière covalente ces composés s'en détachent facilement et se retrouvent ainsi dans l'environnement.

1.1.1.a.1.9. Médicaments⁷ et hormones

Bien que les médicaments et les hormones soient depuis longtemps sur le marché, la pollution par ce type de substances est un sujet émergent. En effet, les scientifiques ne se sont penchés sur cette problématique que vers la fin des années 80 et les politiques ne s'y intéressent que depuis peu. Les ventes de médicaments et d'hormones sont en constante augmentation et ces substances se retrouvent ainsi de plus en plus⁸ dans l'environnement⁹. Il est cependant nécessaire de s'inquiéter des effets que les substances hormonales (testostérone, œstrogène), anesthésiantes, antibiotiques, anxiolytiques et autres pourraient engendrer sur les biocénoses. Actuellement il existe très peu de données à ce sujet. A titre anecdotique une étude anglaise a réalisé une estimation du nombre de drogués dans Londres à partir des concentrations en cocaïne mesurées dans la Tamise. Par la suite ce type d'estimation a été réalisé dans d'autres pays : en Italie dans le Pô et dernièrement en Belgique¹⁰ dans la Senne pour la région bruxelloise.

1.1.1.a.1.10. Pesticides

Le terme pesticide regroupe plusieurs types de substances organiques utilisées pour éliminer les organismes (végétaux, animaux, bactéries) indésirables et protéger les cultures des maladies végétales et des organismes vivants ravageurs. Les pesticides regroupent ainsi les insecticides, les fongicides, les herbicides, les rongicides et les bactéricides.

⁷ Il est à noter que certaines molécules médicamenteuses sont des composés minéraux ou organométalliques (e.g. antiseptiques mercuriels).

⁸ De nombreuses substances médicamenteuses sont en effet peu dégradables (HALLING-SØRENSEN B., NORS NIELSEN S., LANZKY P.F., INGERSLEV F., HOLTEN LÜTZØFT H.C., JØRGENSEN S.E. (1998). *Occurrence, fate and effects of pharmaceutical substances in the environment – A review*. Chemosphere, vol. 36, p. 357-393.)

⁹ Dans le compartiment aquatique plus particulièrement.

¹⁰ Professeur Jan Tytgat, KUL.

Au sein des pesticides on distingue (d'un point de vue législatif, voir point 1.1.2.b.1.4) les produits phytosanitaires ou phytopharmaceutiques (pesticides qui sont directement appliqués sur les plantes et les produits issus de la plante) des biocides (autres pesticides).

Il existe un très grand nombre de pesticides et nous ne reprenons ici que quelques une des principales familles.

1.1.1.a.1.11. Insecticides organochlorés

Les insecticides organochlorés sont très stables et lipophiles. Les plus connus sont le DDT¹¹, le lindane (γ -hexachlorocyclohexane), l'aldrine et la dieldrine (ces deux derniers font partie de la famille des cyclodiènes chlorés). Du fait de leur toxicité potentielle élevée et de leur importante rémanence ces composés sont maintenant interdits¹².

1.1.1.a.1.12. Insecticides organophosphorés

Les insecticides organophosphorés sont moins rémanents et moins lipophiles que les organochlorés. Ce sont des neurotoxiques qui inhibent l'acétylcholinestérase¹³, une enzyme essentielle au bon fonctionnement de l'influx nerveux. Parmi ce groupe d'insecticides citons le malathion, le chlorphyriphos et le dichlorvos qui sont utilisés aussi bien en agriculture qu'en usage privé.

1.1.1.a.1.13. Insecticides carbamates

Les carbamates sont des insecticides, développés plus récemment, dérivés de l'acide carbamique (e.g. carbaryl). Tout comme les organophosphorés ce sont des inhibiteurs de l'acétylcholinestérase et ils sont aisément dégradés et donc peu rémanents.

1.1.1.a.1.14. Insecticides pyrethroïdes

Les insecticides pyrethroïdes sont des composés organiques de synthèse inspirés d'un insecticide naturel que l'on trouve dans les boutons floraux de chrysanthème (la pyréthrine). Ces pesticides possèdent des temps de rémanence courts mais ils peuvent cependant s'adsorber à des particules de sédiment et de sol, ce qui augmente leur persistance dans l'environnement.

Les insecticides pyrethroïdes sont des neurotoxiques. Ils posent problème car ils intoxiquent également des organismes non ciblés¹⁴ comme les poissons et les invertébrés. Citons comme exemple la cyperméthrine.

¹¹ DDT = dichloro-diphényl-trichloroéthane.

¹² - DDT : interdit aux Etats-Unis et en Europe dans les années 70. Il est actuellement toujours utilisé dans certains pays en voie de développement (notamment pour la lutte contre les moustiques vecteurs de la malaria). Cet insecticide fait cependant partie des 12 POPs de la Convention de Stockholm (voir point 1.1.2.a). Celle-ci autorise la production et l'utilisation du DDT uniquement pour la lutte contre les moustiques et autres vecteurs pathogènes, seulement là où des substances de remplacement sûres, efficaces et abordables ne sont pas disponibles sur place.

- Lindane : interdit en Europe en 2001 (directive 91/414/CEE (décision 2000/801/CE))

- Dieldrine : interdite en 1981 en Europe (directive 79/117/CEE)

- Aldrine : interdite en 1991 en Europe (directive 90/335/CEE)

Aldrine et dieldrine font également partie des 12 POPs de la Convention de Stockholm qui exige de mettre fin à la production de ces deux insecticides (dérogations possibles sous certaines conditions pour l'utilisation des stocks existants).

¹³ Si l'acétylcholinestérase est inhibée elle ne sait plus remplir son rôle : hydrolyser l'acétylcholine, un neurotransmetteur du système nerveux central et périphérique. L'acétylcholine reste alors fixée sur le récepteur de la fibre nerveuse post synaptique rendant ainsi l'influx nerveux continu (tétanie), ce qui peut entraîner la mort de l'individu (contraction prolongée du muscle cardiaque).

¹⁴ C'est-à-dire les organismes que l'on ne désire pas éliminer.

1.1.1.a.1.15. Herbicides phénoxyalcanoïques

Les herbicides phénoxyalcanoïques sont des dérivés d'acides phénoxyalcanocarboxyliques qui inhibent la croissance des dicotylédones en imitant l'action d'un régulateur naturel de croissance (l'acide indole acétique). Ces herbicides sont en général aisément biodégradables et par conséquent faiblement rémanents. Parmi les plus fréquents en Région wallonne citons le 2,4-D¹⁵ et le 2,4-DB¹⁶.

1.1.1.a.1.16. Rodenticides anticoagulants

La warfarine a largement été utilisée pour lutter contre les rongeurs grâce à son action anticoagulante. Les rongeurs ont cependant récemment développé des résistances à cette molécule et d'autres rodenticides ont été synthétisés (avec une structure proche de la warfarine). Ces rodenticides sont, tout comme la warfarine, lipophiles. Ils s'avèrent cependant être plus toxiques pour les mammifères et les oiseaux.

1.1.1.b. Les micropolluants minéraux ou inorganiques

Ces micropolluants comprennent principalement des substances que l'on appelle communément « métaux lourds ». Ces éléments présentent de nombreuses définitions, rendant parfois les idées confuses à leur sujet. Les métaux lourds rassemblent en général les métaux dont la densité relative est supérieure à 5 g/cm³. Cependant des métaux avec une densité plus faible peuvent également être toxiques à faible dose (e.g. aluminium) et cette définition ne semble pas être la plus appropriée. Une meilleure définition de « métaux lourds », pour notre problématique, pourrait être « éléments traces métalliques (ETM) qui, à de faibles concentrations (de l'ordre du µg/l), peuvent être toxiques pour les organismes vivants ».

Les principaux ETM sont les suivants : cadmium (Cd), plomb (Pb), chrome (Cr), mercure (Hg), arsenic (As), cuivre (Cu), zinc (Zn), nickel (Ni), thallium (Tl).

Ce sont donc des éléments présents naturellement dans l'environnement mais dont les niveaux de concentration que l'on rencontre actuellement dans l'environnement sont fréquemment le résultat des activités anthropiques. Dans certaines régions, le bruit de fond pédogéochimique peut également être responsable de ces niveaux de contamination élevés (e.g. le plomb dans la région de Plombières).

Dans l'environnement les métaux lourds se rencontrent rarement à l'état métallique (état d'oxydation 0) mais le plus souvent sous forme d'ions, de sels (e.g. sulfate de plomb) ou de complexes organométalliques.

1.1.1.c. Les micropolluants organométalliques

Comme leur nom l'indique, les composés organométalliques sont des molécules « mixtes », où un ion métallique est lié à un groupement organique (chélation). La toxicité de certains métaux est d'ailleurs amplifiée lorsqu'ils présentent une telle liaison. Le cas le plus connu est certainement celui du méthyle de mercure.

¹⁵ Acide 2,4-dichlorophénoxyacétique.

¹⁶ Acide 4-(2,4-dichlorophénoxy)butyrique.

1.1.2. Implication des micropolluants dans les textes législatifs

1.1.2.a. Droit international

La **convention de Stockholm** (adoptée le 22 mai 2001 et entrée en vigueur le 17 mai 2004) est un traité international signé par près de 100 pays, dont la Belgique, qui a pour objectif de protéger la santé et l'environnement des polluants organiques persistants (POPs). Elle vise notamment l'élimination ou la restriction de la production (intentionnelle ou non) et de l'utilisation de tous les POPs. Elle cible, dans un premier temps, les 12 POPs considérés comme les plus problématiques pour l'environnement et la santé humaine mais d'autres seront concernés à l'avenir. Ces 12 premiers POPs comprennent 9 pesticides (aldrine, chlordane, DDT, dieldrine, endrine, heptachlore, hexachlorobenzène, mirex et toxaphène), 2 produits chimiques industriels (PCBs et hexachlorobenzène¹⁷) et 2 sous-produits chimiques dont la formation est involontaire (les dioxines et les furannes).

1.1.2.b. Droit européen

1.1.2.b.1.1. Directive 76/464/CEE¹⁸

La directive 76/464/CEE a pour but i) d'harmoniser les législations des États membres relatives au rejet de certaines substances dangereuses dans le milieu aquatique et ii) d'agir préventivement sur les sources de pollution. Elle s'applique aux eaux intérieures de surface, aux eaux de mer territoriales et aux eaux intérieures du littoral. Ainsi pour lutter contre la pollution des eaux cette directive établit deux listes de substances dangereuses à contrôler¹⁹ (Tableau 1). La liste I comprend des substances choisies sur base de leur toxicité, de leur persistance et de leur bioaccumulation potentielles élevées. Les substances de la liste II ont également un effet nuisible sur le milieu aquatique mais celui-ci est limité à une certaine zone et dépend des caractéristiques des eaux réceptrices et de leur localisation. La pollution²⁰ causée par les rejets des substances relevant de la liste I doit être éliminée et celle provenant de produits de la liste II doit être réduite.

Des objectifs de qualité et des valeurs limites d'émission²¹ sont établis pour les substances de la liste I sur la base de leur toxicité, de leur persistance et de leur bioaccumulation compte tenu des meilleures techniques disponibles. Le respect des valeurs limites d'émission est impératif sauf si les États membres prouvent que les objectifs de qualité sont atteints et maintenus en permanence. Tout rejet est soumis à une autorisation préalable délivrée par l'autorité compétente de l'État membre concerné. L'autorisation de rejet,

¹⁷ L'hexachlorobenzène appartient ainsi à deux catégories : pesticide et produit chimique industriel.

¹⁸ Directive 76/464/CEE du Conseil, du 4 mai 1976, concernant la pollution causée par certaines substances dangereuses déversées dans le milieu aquatique de la Communauté.

¹⁹ Via un réseau de mesure (voir le réseau de surveillance « substances dangereuses » au point 1.1.2.c.1.6 et notes de bas de page 67 et 75).

²⁰ Il faut entendre par pollution (définition donnée par la directive concernée) tout rejet de substances par l'homme dans l'environnement qui i) met en danger la santé humaine, ii) nuit aux ressources vivantes et au système écologique aquatique, iii) porte atteinte aux agréments ou iv) gêne d'autres utilisations légitimes des eaux. Ainsi l'élimination de la pollution n'implique pas forcément une élimination totale des rejets. Cela suppose plutôt que les rejets doivent être limités afin de ne pas engendrer des niveaux de contamination qui pourraient causer ce type de nuisances.

²¹ Les objectifs de qualité et des valeurs limites d'émission sont exprimés en concentrations de polluant dans l'eau réceptrice (e.g. mg/l). Les valeurs limites d'émissions peuvent également être exprimées en unité de poids du polluant par unité d'élément caractéristique de l'activité polluante (e.g. mg/tonne produite). Ils étaient anciennement fixés par le Conseil. Suite à une abrogation partielle par la directive 2000/60/CE, les objectifs de qualité et les valeurs limites d'émission sont maintenant arrêtés par les États membres.

qui est accordée pour une durée limitée²², fixe des normes d'émission²³. Le respect des normes d'émission est à la charge des États membres²⁴.

Pour les substances de la liste II, les États membres adoptent et mettent en oeuvre des programmes de réduction des émissions de ces substances dans l'environnement aquatique dans le but de préserver et d'améliorer la qualité de l'eau. Tout rejet est soumis à une autorisation préalable délivrée par l'autorité compétente de l'État membre concerné. Cette autorisation fixe également des normes d'émission.

Tableau 1 : Substances des listes I et II (situation au 20 avril 2005)

Liste dite « Liste I » (18 substances)	Liste dite « Liste II de 99 substances »			Liste dite « Liste II second tirt de la directive 76/464 » (métalloïdes et métaux, autres substances...)
<ul style="list-style-type: none"> - 1,2,4-trichlorobenzène - 1,2-dichloroéthane - Aldrine - Cadmium et composés - Chloroforme - DDT (y compris les métabolites DDD et DDE) - Dieldrine - Endrine - Hexachlorobenzène - Hexachlorobutadiène - Hexachlorocyclohexane (y compris tous les isomères et Lindane) - Isodrine - Mercure et composés - Pentachlorophénol - Tétrachloroéthylène - Tétrachlorure de carbone - Trichlorobenzène - Trichloroéthylène 	<ul style="list-style-type: none"> - 1,1,1-trichloroéthane - 1,1,1,2-tétrachloroéthane - 1,1,2-trichloroéthane - 1,1,2-tri-chloro-tri-fluoro-éthane - 1,1-dichloroéthane - 1,1-dichloroéthylène - 1,2,4,5-tétrachlorobenzène - 1,2-dibromoéthane - 1,2-dichlorobenzène - 1,2-dichloroéthylène - 1,2-dichloropropane - 1,3-dichlorobenzène - 1,3-dichloropropan-2-ol - 1,3-dichloropropène - 1,4-dichlorobenzène - 1-chloro-2,4-dinitrobenzène - 1-chloro-2-nitrobenzène - 1-chloro-3-nitrobenzène - 1-chloro-4-nitrobenzène - 1-chloronaphtalène - 2,3-dichloropropène - 2,4,5-T (dont sels de 2,4,5-T et esters de 2,4,5-T) - 2,4,6-trichloro-1,3,5-triazine - 2,4-D (dont sels de 2,4-D et esters de 2,4-D) - 2,4-dichlorophénol - 2-amino-4-chlorophénol - 2-chloroaniline - 2-chloroéthanol - 2-chlorophénol - 2-chloro-p-toluidine - 2-chlorotoluène - 3-chloroaniline - 3-chlorophénol - 3-chloropropène - 3-chlorotoluène 	<ul style="list-style-type: none"> - Azinphos-méthyl* - Bentazone - Benzène - Benzidine - Biphényle - Chlordane - Chloronaphtalènes - Chloronitrotoluènes (autres que 4-chloro-2-nitrotoluène) - Chloroprène (2-chloro-1,3-butadiène) - Chlorotoluidines (autres que 2-chloro-p-toluidine) - Chlorure de benzyle (alpha-chlorotoluène) - Chlorure de benzylidène (alpha, alpha-dichlorotoluène) - Chlorure de triphénylétain (chlorure de fentine)* - Chlorure de vinyle (chloroéthylène) - Coumaphos - Demeton (dont Demeton-O, Demeton-S, Demeton-S-methyl et Demeton-S-methyl-sulphone) - Dichloroanilines - Dichlorobenzidines - Dichloro-di-is.o.propyl éther - Dichlorométhane - Dichloronitrobenzènes - Dichlorprop - Dichlorure de dibutylétain - Dichlorvos* - Diéthylamine - Diméthoate 	<ul style="list-style-type: none"> - Heptachlore (dont heptachlore époxyde) - Hexachloroéthane - Hydrate de chloral - Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) (particulièrement 3,4-benzopyrène et 3,4-benzofluoranthène) - Hydroxyde de triphénylétain (hydroxyde de fentine)* - Isopropyl benzène - Linuron - Malathion* - Mcpa - Mecoprop - Methamidophos - Mevinphos - Mono-chlorobenzène - Monolinuron - Naphthalène - Ométhoate - Oxyde de dibutylétain - Oxyde de tributylétain* - Oxy-demeton-methyl - Parathion (y compris Parathion-méthyl)* - PCB (dont PCT) - Phosphate de tributyle - Phoxime - Propanil - Pyrazon - Sels de dibutylétain (autres que dichlorure de dibutylétain et oxyde de dibutylétain) 	<ul style="list-style-type: none"> - Ammoniaque - Antimoine - Argent - Arsenic - Baryum - Béryllium - Bore - Chrome - Cobalt - Cuivre - Cyanure - Etain - Fluorure - Molybdène - Nickel - Nitrite - Phosphore total - Plomb - Sélénium - Tellurium - Thallium - Titane - Uranium - Vanadium - Zinc

²² La durée de l'autorisation est assez variable en fonction de l'entreprise et de ce qui a été défini dans l'autorisation de rejet (document légal signé par le ministre) et/ou le permis d'environnement. Elle est, le plus fréquemment, de 5-10 ans mais peut s'étendre jusqu'à 20 ans.

²³ En Région wallonne, les normes d'émissions sont précisées dans le permis d'environnement qui, dans la plupart des cas, fait référence à différents arrêtés du Gouvernement wallon portant conditions sectorielles relatives à différentes activités. Il peut arriver que les normes précisées dans le permis d'environnement diffèrent de celles proposées dans les AGW parce que la situation l'impose (e.g. niveau de protection plus élevé dans certaines zones naturelles plus sensibles). Pour certains secteurs d'activité, il n'existe pas de normes sectorielles. Elles sont alors définies dans le permis d'environnement et l'autorisation de rejet par l'administration.

²⁴ En Région wallonne, c'est la Division de la Police de l'Environnement qui doit effectuer les contrôles mais les manquements sont importants (e.g. manque de personnel et d'une organisation efficace pour effectuer ces contrôles). Ainsi, sur plus de 1200 entreprises disposant d'une autorisation de rejet, seuls 250 contrôles ont été effectués en 2002. Aussi, certaines entreprises n'ont jamais été contrôlées. De plus, le DPE ne s'intéresse qu'aux industries qui ont fait l'objet d'une autorisation de déversement or il existe très probablement des entreprises qui déversent des substances dangereuses sans autorisation.

	<ul style="list-style-type: none"> - 4-chloro-2-nitrotoluène - 4-chloro-3-méthylphénol - 4-chloroaniline - 4-chloronitroaniline - 4-chlorophénol - 4-chlorotoluène - Acétate de triphényl étain (acétate de fentine)* - Acide chloroacétique - Anthracène - Atrazine* - Azinphos-éthyl* 	<ul style="list-style-type: none"> - Diméthylamine - Disulfoton - Endosulfan* - Epichlorohydrine - Ethylbenzène - Fenitrothion* - Fenthion* 	<ul style="list-style-type: none"> - Simazine* - Tétrabutylétain - Toluène - Triazophos - Trichlorfon - Trichlorophénols - Trifluraline* - Xylènes 	
--	--	--	--	--

* : Substances anciennement en liste I

De cette directive 76/464/CEE découlent 5 directives filles qui fixent les valeurs limites et les objectifs de qualité pour les rejets des substances de la liste I :

- directive 82/176/CEE²⁵ : rejets de mercure (secteur de l'électrolyse des chlorures alcalins)
- directive 83/513/CEE²⁶ : rejets de cadmium
- directive 84/156/CEE²⁷ : rejets de mercure (secteurs autres que l'électrolyse des chlorures alcalins)
- directive 84/491/CEE²⁸ : rejets d'hexachlorocyclohexane
- directive 86/280/CEE²⁹ et modifications : rejets de tétrachlorure de carbone, de DDT, de pentachlorophénol, d'aldrine, de dieldrine, d'endrine, d'isodrine, d'hexachlorobenzène, d'hexachlorobutadiène, de chloroforme, de 1,2-dichloroéthane, de perchloroéthylène, de trichlorobenzène et de trichloroéthylène.

Depuis le 24 mars 2006, la directive 76/464/CEE est abrogée par la directive 2006/11/CE³⁰ qui la remplace. En effet la directive 76/464/CEE a été modifiée à plusieurs reprises et de façon substantielle et il convenait donc, dans un souci de clarté et de rationalité, de procéder à la codification de la dite directive.

1.1.2.b.1.2. Directive 80/68/CEE³¹

La directive 80/68/CEE a pour objectif d'empêcher le rejet de certaines substances toxiques, persistantes et bioaccumulables dans les eaux souterraines. Cette directive ne s'applique pas i) aux rejets des effluents domestiques provenant des habitations isolées non raccordées à un réseau d'égouttage et situées en dehors des zones de protection de captages, ii) aux rejets contenant les substances, répertoriées par la présente directive, qui sont en quantités et en concentrations suffisamment petites pour exclure tout risque présent ou futur de dégradation de la qualité des eaux souterraines et iii) aux rejets de matières contenant des substances radioactives.

²⁵ Directive 82/176/CEE du Conseil, du 22 mars 1982, concernant les valeurs limites et les objectifs de qualité pour les rejets de mercure du secteur de l'électrolyse des chlorures alcalins.

²⁶ Directive 83/513/CEE du Conseil du 26 septembre 1983 concernant les valeurs limites et les objectifs de qualité pour les rejets de cadmium.

²⁷ Directive 84/156/CEE du Conseil du 8 mars 1984 concernant les valeurs limites et les objectifs de qualité pour les rejets de mercure des secteurs autres que celui de l'électrolyse des chlorures alcalins.

²⁸ Directive 84/491/CEE du Conseil du 9 octobre 1984 concernant les valeurs limites et les objectifs de qualité pour les rejets d'hexachlorocyclohexane.

²⁹ Directive 86/280/CEE du Conseil du 12 juin 1986 concernant les valeurs limites et les objectifs de qualité pour les rejets de certaines substances dangereuses relevant de la liste I de l'annexe de la directive 76/464/CEE.

³⁰ Directive 2006/11/CE du Parlement européen et du Conseil du 15 février 2006 concernant la pollution causée par certaines substances dangereuses déversées dans le milieu aquatique de la Communauté (version codifiée).

³¹ Directive 80/68/CEE du conseil, du 17 décembre 1979, concernant la protection des eaux souterraines contre la pollution causée par certaines substances dangereuses.

Afin de lutter contre la pollution des eaux souterraines cette directive établit deux listes de substances dangereuses à contrôler (Annexe 1) : les rejets directs³² des substances de la liste I sont interdits et ceux des substances relevant de la liste II doivent être limités.

Tout rejet indirect³³ de substances de la liste I et tout rejet direct ou indirect de substances de la liste II sont soumis à un régime d'autorisation préalable. Celle-ci est délivrée après enquête sur le milieu récepteur. Elle n'est accordée que pour une période limitée et est réexaminée au moins tous les quatre ans. De plus cette autorisation fixe les conditions qui doivent être respectées pour les rejets. Si elles ne sont ou ne peuvent pas être respectées, l'autorisation est retirée ou refusée.

1.1.2.b.1.3. Directive 2000/60/CE³⁴ ou directive cadre eau

La directive 2000/60/CE a pour objectif d'établir un cadre communautaire pour la protection des eaux intérieures de surface, de transition, côtières et souterraines, en vue de prévenir et de réduire leur pollution, promouvoir leur utilisation durable, protéger leur environnement, améliorer l'état des écosystèmes aquatiques et atténuer les effets des inondations et des sécheresses.

En vue de l'application de la présente directive, les États membres doivent recenser tous les bassins hydrographiques qui se trouvent sur leur territoire et les rattacher à des districts hydrographiques. Les bassins hydrographiques qui s'étendent sur le territoire de plus d'un État seront intégrés au sein d'un district hydrographique international. Au plus tard le 22 décembre 2003, une autorité compétente sera désignée pour chacun des districts hydrographiques.

Au plus tard quatre ans après la date d'entrée en vigueur³⁵ de la présente directive, les États membres doivent faire une analyse des caractéristiques de chaque district hydrographique, une étude de l'incidence de l'activité humaine sur les eaux, une analyse économique de l'utilisation de celles-ci et un registre des zones qui nécessitent une protection spéciale. Toutes les masses d'eau utilisées pour le captage d'eau destinée à la consommation humaine, fournissant plus de 10 m³ par jour ou desservant plus de 50 personnes, doivent être recensées.

Neuf ans après la date d'entrée en vigueur de la directive, un plan de gestion³⁶ et un programme de mesures doivent être élaborés au sein de chaque district hydrographique en tenant compte des résultats des analyses et études prévues ci-dessus.

Les mesures prévues dans le plan de gestion du district hydrographique ont pour but de :

- prévenir la détérioration, améliorer et restaurer l'état des masses d'eau de surface, atteindre un bon état chimique et écologique de celles-ci, ainsi que réduire la pollution due aux rejets et émissions de substances dangereuses ;

³² Rejets directs : introduction de substances dans les eaux souterraines sans cheminement dans le sol ou le sous-sol.

³³ Rejets indirects : introduction de substances dans les eaux souterraines après cheminement dans le sol ou le sous-sol.

³⁴ Directive 2000/60/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau.

³⁵ Date d'entrée en vigueur : 22 décembre 2000.

³⁶ Le plan de gestion devra comporter les éléments suivants : i) une description générale des caractéristiques du district, ii) un résumé des pressions et incidences importantes de l'activité humaine sur l'état des eaux de surface et souterraines, iii) l'identification et la représentation cartographique des zones protégées, iv) une carte des réseaux de surveillance, v) une liste des objectifs environnementaux, vi) un résumé de l'analyse économique de l'utilisation de l'eau, vii) un résumé des programmes de mesure, viii) un registre des autres programmes et plans de gestion plus détaillés portant sur les sous-bassins, ix) un résumé des mesures prises pour l'information et la consultation du public, les résultats de ces mesures et les modifications apportées aux plans, x) la liste des autorités compétentes et xi) les points de contact et les procédures pour obtenir les documents de référence et les informations. Il devra être réexaminé et remis à jour au minimum tous les 6 ans.

- protéger, améliorer et restaurer les eaux souterraines, prévenir leur pollution, leur détérioration et assurer un équilibre entre leurs captages et leur renouvellement ;
- préserver les zones protégées.

Les objectifs précédents doivent être atteints quinze ans après l'entrée en vigueur de la directive, mais cette échéance peut être reportée, à condition de respecter une série de conditions établie par la directive.

Les États membres encouragent la participation active de toutes les parties concernées par la mise en œuvre de cette directive, notamment en ce qui concerne les plans de gestion des districts hydrographiques. Une détérioration temporaire des masses d'eau ne constitue pas une infraction de la présente directive si elle résulte des circonstances exceptionnelles et non prévisibles liées à un accident, une cause naturelle ou un cas de force majeure.

À partir de 2010, les États membres doivent assurer que la politique de tarification de l'eau incite les consommateurs à utiliser les ressources en eau de façon efficace et que les différents secteurs économiques contribuent à la récupération des coûts des services liés à l'utilisation de l'eau, y compris les coûts engendrés suite à la détérioration de l'environnement et la surexploitation des ressources.

La Commission a dressé une liste de substances polluantes prioritaires sélectionnées parmi celles qui constituent un risque important pour ou via le milieu aquatique. Des mesures de contrôle relatives à ces substances, ainsi que des normes de qualité applicables aux concentrations de ces substances dans les eaux de surface, doivent être prises.

Pour les substances dites « prioritaires », les mesures visent à réduire les rejets, les émissions et les pertes de micropolluants dans le milieu aquatique. Pour les substances dites « dangereuses prioritaires », les mesures visent plutôt à interdire ou supprimer définitivement tout ces rejets, émissions et pertes. Cette liste de substances, qui devra être réexaminée au minimum tous les quatre ans, constitue l'annexe X³⁷ de la présente directive (Tableau 2).

³⁷ Le contenu de l'annexe X est défini dans la décision n° 2455/2001/CE du Parlement européen et du Conseil du 20 novembre 2001 établissant la liste des substances prioritaires dans le domaine de l'eau et modifiant la directive 2000/60/CE.

Tableau 2 : Substances reprises dans l'annexe X de la directive 2000/60/CE

Nom de la substance prioritaire	Identifiée en tant que substance dangereuse prioritaire
Alachlore	non
Anthracène	à l'étude ³⁸
Atrazine	à l'étude
Benzène	non
Diphényléthers bromés	à l'étude pour le pentabromodiphényléther
Cadmium et ses composés	oui
C ₁₀₋₁₃ -chloroalcanes	oui
Chlorfenvinphos	non
Chlorpyrifos	oui
1,2-dichloroéthane	non
Dichlorométhane	non
Di-(2-éthylhexyl)phtalate (DEHP)	à l'étude
Diuron	à l'étude
Endosulfan	à l'étude
▪ alpha-endosulfan	
Fluoranthène	non
Hexachlorobenzène	oui
Hexachlorobutadiène	oui
Hexachlorocyclohexane	oui
▪ gamma-isomère (lindane)	
Isoproturon	à l'étude
Plomb et ses composés	à l'étude
Mercure et ses composés	oui
Naphtalène	à l'étude
Nickel et ses composés	non
Nonylphénols	oui
▪ 4-(para)nonylphénol	
Octylphénols	à l'étude
▪ para-tert-octylphénol	
Pentachlorobenzène	oui
pentachlorophénol	à l'étude
Hydrocarbures aromatiques polycycliques	oui
▪ benzo(a)pyrène	
▪ benzo(b)fluoranthène	
▪ benzo(g,h,i)perylène	
▪ benzo(k)fluoranthène	
▪ indéno(1,2,3-cd)pyrène	
Simazine	à l'étude
Composés du tributylétain	oui
▪ tributylétain-cation	
Trichlorobenzène	à l'étude
▪ 1,2,4-trichlorobenzène	
Trichlorométhane (chloroforme)	non
Trifluraline	à l'étude

Deux ans après l'entrée en vigueur de la présente directive, la Commission publie une proposition avec des mesures spécifiques pour prévenir et contrôler la pollution des eaux souterraines³⁹.

³⁸ Etude sous la responsabilité de la Commission européenne.

³⁹ Une proposition de directive intitulée « Proposition de directive du Parlement européen et du Conseil sur la protection des eaux souterraines contre la pollution » a été présentée par la Commission (non publiée au journal officiel). La directive qui en découlera comblera le vide législatif qui sera laissé suite à l'abrogation de la directive 80/68/CEE qui doit avoir lieu treize ans après l'entrée en vigueur de la directive 2000/60/CE.

Au plus tard douze ans après la date d'entrée en vigueur de la directive et par la suite tous les six ans, la Commission publie un rapport sur la mise en œuvre de celle-ci. La Commission convoque, au moment opportun, une conférence des parties concernées par la politique communautaire de l'eau, à laquelle participent les États membres, des représentants des autorités compétentes, du Parlement européen, des ONG, des partenaires sociaux et économiques, des consommateurs, des universitaires et autres experts.

La directive prévoit que les États membres établissent des régimes avec des sanctions effectives, proportionnées et dissuasives applicables aux violations de ses dispositions.

Sept ans après l'entrée en vigueur de la directive 2000/60/CE, la législation suivante sera abrogée : directive 75/440/CEE⁴⁰, décision 77/795/CEE⁴¹, directive 79/869/CEE⁴².

Treize ans après l'entrée en vigueur de la directive 2000/60/CE, les directives suivantes seront abrogées : directive 78/659/CEE⁴³, directive 79/923/CEE⁴⁴, directive 80/68/CEE⁴⁵, directive 76/464/CEE⁴⁶ (à l'exception de l'article 6, qui est abrogé à la date d'entrée en vigueur de la présente directive).

1.1.2.b.1.4. Directive 91/414/CEE⁴⁷

La directive 91/414/CEE a pour objectif d'harmoniser les conditions et les procédures d'autorisation des produits phytopharmaceutiques, afin de protéger la santé humaine et l'environnement. Elle établit également une liste des substances autorisées et un programme échelonné d'évaluation des substances déjà sur le marché.

Cette directive concerne les produits phytopharmaceutiques, c'est-à-dire les substances actives et les préparations contenant une ou plusieurs substances actives qui remplissent un ou plusieurs objectifs suivants: i) protéger les végétaux ou les produits végétaux contre tous les organismes nuisibles ou à prévenir leur action, ii) exercer une action sur les processus vitaux des végétaux, pour autant qu'il ne s'agisse pas de substances nutritives (e.g. les régulateurs de croissance), iii) assurer la conservation des produits végétaux, sauf si ces substances ou produits font l'objet de dispositions particulières concernant les agents conservateurs, iv) détruire les végétaux indésirables (ou une partie de ceux-ci) ou v) freiner ou prévenir la croissance des végétaux indésirables.

La présente directive prévoit des règles uniformes en matière d'évaluation, d'autorisation, de mise sur le marché et de contrôle à l'intérieur de l'Union européenne (UE) des produits phytopharmaceutiques et des substances actives qu'ils contiennent.

Seuls sont autorisés les produits phytopharmaceutiques dont les substances actives figurent sur la liste de l'annexe I de la directive et qui ne présentent pas de risque pour la santé humaine ou animale, ni pour l'environnement lorsque le produit est utilisé dans des conditions normales (Tableau 3).

⁴⁰ Directive 75/440/CEE du Conseil, du 16 juin 1975, concernant la qualité requise des eaux superficielles destinées à la production d'eau alimentaire dans les États membres.

⁴¹ Décision 77/795/CEE du Conseil, du 12 décembre 1977, instituant une procédure commune d'échange d'informations relative à la qualité des eaux douces superficielles dans la Communauté.

⁴² Directive 79/869/CEE du Conseil, du 9 octobre 1979, relative aux méthodes de mesure et à la fréquence des échantillonnages et de l'analyse des eaux superficielles destinées à la production d'eau alimentaire dans les États membres.

⁴³ Directive 78/659/CEE du Conseil, du 18 juillet 1978, concernant la qualité des eaux douces ayant besoin d'être protégées ou améliorées pour être aptes à la vie des poissons.

⁴⁴ Directive 79/923/CEE du Conseil, du 30 octobre 1979, relative à la qualité requise des eaux conchylicoles.

⁴⁵ Directive 80/68/CEE du conseil du 17 décembre 1979 concernant la protection des eaux souterraines contre la pollution causée par certaines substances dangereuses.

⁴⁶ Directive 76/464/CEE du Conseil, du 4 mai 1976, concernant la pollution causée par certaines substances dangereuses déversées dans le milieu aquatique de la Communauté.

⁴⁷ Directive 91/414/CEE du Conseil, du 15 juillet 1991, concernant la mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques.

La procédure d'évaluation et d'autorisation des produits phytopharmaceutiques doit respecter les principes uniformes développés à l'annexe VI⁴⁸ de la directive. Ceux-ci comprennent :

- des principes généraux : évaluation des informations selon l'état des connaissances, prise en compte des conditions particulières des zones d'utilisation du produit, etc. ;
- des principes spécifiques relatifs, notamment, à l'efficacité, à l'absence d'effets inacceptables sur les végétaux, à l'impact sur la santé humaine et animale ainsi que sur les espèces non visées⁴⁹, à la diffusion dans l'environnement et à l'incidence sur celui-ci, etc.

Tableau 3 : Substances actives inscrites et exclues de l'annexe 1 de la directive 91/414/CEE

Substances inscrites et donc autorisées		Substances exclues et donc interdites	
- 2,4-DB	- iprovalicarb	- (4E-7Z)-4,7- Acétate de tridécadiène-1-yl	- DNOC
- 2,4-dichlorophénoxy-acétique (2,4-D)	- isoproturon	- (4Z-9Z)-7,9-Dodécadiène-1-ol	- endosulfan
- acétamipride	- isoxaflutole	- (E)-10- Acétate de dodécényle	- Éthanethiol
- acibenzolar-S-méthyl	- lambda-cyhalothrine	- (Z)-3-Méthyl-6-isopropényle-3,4-décadiène-1-yl	- Éthylhexanoate
- acide benzoïque	- linuron	- (Z)-3-Méthyl-6-isopropényle-9-décène-1-yl acétate	- Extrait de soja
- alpha-cyperméthrine	- mancozèbe	- (Z)-5-Acétate de dodécène-1-yl	- Extrait d'oignon
- amitrole	- manèbe	- (Z)-7-Tétradécanol	- Extrait soluble de maïs
- Ampelomyces quisqualis	- MCPA	- (Z)-9-Tricosène	- fenthion
- béalaxyl	- MCPB	- (Z,Z) Acétate d'octadiénylène	- fenvalérate
- bêta-cyfluthrine	- mécoprop	- 3,7-Diméthyl-2,6-octadiénal	- ferbame ou de l'azinphos-éthyl
- bifénazate	- mépanipyrim	- 4-chloro-3-méthylphénol	- Flamprop-M
- bifénoxyl	- mésosulfuron	- 7,8-Epoxy-2-méthyl-octadécane	- Flocumafen
- bromoxynil	- mésotrione	- 7-Méthyl-3-méthylène-7-octène-1-yl-propionate	- Fluoroacétamide
- carfentrazone-éthyl	- métalaxyl-M	- acéphate	- Flurénol
- chlorothalonil	- métirame	- acétate de fentine	- Hexaflumuron
- chlorotoluron	- méxoprop-P	- Acétate de p-crésyl	- Huile d'arachide
- chlorprophame	- milbémectine	- Acide borique	- Huile de maïs
- chlorpyrifos	- molinate	- acide crésylique	- Huile de noix de coco
- chlorpyrifos-méthyl	- oxadiargyl	- Acide lactique	- Huiles de goudron
- cinidon-éthyl	- oxasulfuron	- Acide phosphorique	- Hydroxyde de fentine
- Coniothyrium minitans	- Paecilomyces fumosoroseus (souche Apopka 97, PFR 97 ou CG 170, ATCC20874)	- Acide propionique	- Hydroxyde d'ammonium
- cyazofamid	- paraquat	- Acide sébacique	- Hydroxyde de sodium
- cyclanilide	- pendiméthaline	- aldicarbe	- Imazethapyr
- cyhalofop butyl	- phenmédipham	- atrazine	- Isoval
- cyperméthrine	- phosphate ferrique	- azafenidin	- lindane
- daminozide	- picolinafène	- Azote	- métalxyl
- deltaméthrine	- picoxystrobine	- Bases acridiniques	- Méthidathione
- desmédipham	- propiconazole	- bénomyl	- Méthyl-trans-6-nonénoate
- diméthénamide-p	- propinèbe	- Biphényl	- monolinuron
- diquat	- propoxycarbazone	- Brométhaline	- naled
- DPX KE 459 (flupyrsulfuron-méthyl)	- propyzamide	- Bromure de lauryldiméthylbenzylammonium	- Naphtalène
- éthofumésate	- prosulfuron	- Calciférol	- Nitrate de baryum
- éthoxysulfuron	- Pseudomonas chlororaphis	- Carbonate de sodium	- Nuarimol
- étoxazole	- pymétrozine	- Chlorflurénol	- o-benzyl-p-chlorphénoxyde de sodium
- famoxadone	- pyraclostrobine	- Chlorhydrate de poly (imino imido biguanidine)	- Oxyde de calcium
- fenamidone	- pyraflufen-éthyl	- chlorofénapyr	- Papaine
- fenhexamide (KBR 2738)	- pyridate	- Chlorophylline	- parathion
- flazasulfuron	- quinoxyfen	- Chlorure d'alkyldiméthylbenzyl ammonium	- parathion-méthyle
- florasulam	- silthiofam	- Chlorure d'alkyldiméthyléthylbenzyl ammonium	- p-dichlorobenzène
- flufénacet	- sulfosulfuron	- Chlorure de choline	- perméthrine
- flumioxazine	- tépraloxydim	- Chlorure de dioctyldiméthyl ammonium	- Phérodime
- flurtamone	- thiabendazole	- Chlorure de lauryldiméthylbenzylammonium	- Phosphate de calcium
- foramsulfuron	- thiachlopride	- Chlorure de sodium	- Phosphate de calcium
- fosthiasate	- thifensulfuron-méthyle	- Chlorure de	- Prétalachlore
- Gliocladium catenulatum	- thiophanate-méthyl	- Chlorure de	- Primisulfuron
- glyphosate	- thirame	- Chlorure de	- Pronumone
- hytdrazide maléique	- tribenuron	- Chlorure de	- Propanol-2
- imazamox	- trifloxystrobine	- Chlorure de	- prophame
- iodoflufen-éthyl	- ziramé	- Chlorure d'octyldécyl diméthyl ammonium	- Propionate de sodium
- ioxynil	- zoxamide	- Chlorure de sodium	- p-t-amyphénoxyde de sodium
- iprodione		- Chlorure d'octyldécyl diméthyl ammonium	- Pyranocumarin
		- chlozolinate	- pyrazophos
		- Cholécalférol	- Quinclorac

⁴⁸ L'annexe VI de la directive 91/414/CEE est définie par la directive 97/57/CE et sa modification, la directive 2005/25/CE.

⁴⁹ C'est-à-dire les espèces qui ne sont pas qualifiées d'indésirables, que l'on ne désire pas éliminer.

	- Cinosulfuron	- quintozone
	- Clofencet	- Scilliroside
	- Composés d'ammonium quaternaire	- Serricornine
	- Coumachlore	- simazine
	- Coumafuryll	- Sorbate de potassium
	- Coumatétralyl	- Streptomycine
	- Crimidine	- Strychnine
	- Cyanure de calcium	- Sulfate d'ammonium
	- Cyanure de sodium	- Sulfate de thallium
	- Cyanure d'hydrogène	- tecnazène
	- cyhalothrine	- Tétraborate de sodium
	- Diféthialone	- Thiourée
	- Diméthylarsinate de sodium	- Trans-6-Nonène-1-ol
	- dinoterb	- Triadiméfone
	- Diphacinone	- triazamate
		- Tridémorphe
		- Trimedlure
		- zinèbe

1.1.2.b.1.5. Directive 98/8/CEE⁵⁰

La directive 98/8/CEE (directive biocide) a pour objectif d'établir un cadre réglementaire relatif à la mise sur le marché des produits biocides afin d'assurer un haut niveau de protection pour l'homme et l'environnement et le bon fonctionnement du marché commun.

Elle s'applique donc aux produits biocides, c'est-à-dire les pesticides autres que les produits phytopharmaceutiques, cosmétiques et médicamenteux (e.g. désinfectant comme l'eau de javel) et concerne i) l'autorisation et la mise sur le marché de produits biocides dans les États membres, ii) la reconnaissance mutuelle des autorisations à l'intérieur de la Communauté et iii) l'établissement au niveau communautaire d'une liste de substances actives pouvant être utilisées dans les produits biocides.

Les États membres autorisent ainsi un produit biocide uniquement :

- si ses substances actives sont énumérées en annexe de la présente directive et si les exigences fixées dans les annexes sont satisfaites ;
- s'il est établi que :
 - le produit biocide est suffisamment efficace,
 - n'a aucun effet inacceptable sur les organismes cibles,
 - n'a pas d'effet inacceptable sur la santé humaine ou animale ou sur les eaux de surface ou souterraines,
 - n'a pas d'effet inacceptable sur l'environnement ;
- si la nature et la quantité des substances actives présentes dans les biocides peuvent être déterminées en vertu des exigences énumérées en annexe de la directive ;
- si ses propriétés physiques et chimiques ont été jugées acceptables pour assurer une utilisation, un stockage et un transport adéquat du produit.

⁵⁰ Directive 98/8/CE du Parlement européen et du Conseil du 16 février 1998 concernant la mise sur le marché des produits biocides.

1.1.2.b.1.6. REACH⁵¹

L'Union européenne souhaite moderniser la législation européenne en matière de produits chimiques.

Le règlement proposé le 29 octobre 2003⁵² met en place le système REACH, un système intégré unique d'enregistrement, d'évaluation et d'autorisation des produits chimiques et institue une agence européenne des produits chimiques. REACH engagera les entreprises qui fabriquent et importent des produits chimiques à évaluer les risques sur l'environnement et la santé humaine résultant de leur utilisation et à prendre les mesures nécessaires pour gérer tout risque identifié. Le règlement proposé remplacera plus de 40 directives et règlements actuellement en vigueur.

La première lecture par le Parlement européen a eu lieu le 17 novembre 2005⁵³. Tenant compte d'un grand nombre d'amendements du Parlement, le conseil a conclu un accord politique le 13 décembre 2005⁵⁴.

Si la seconde lecture de REACH est terminée, comme prévu, au cours du second semestre 2006, le règlement pourrait entrer en vigueur le 1er avril 2007. La nouvelle Agence Européenne des Produits Chimiques sera complètement opérationnelle 12 mois après l'entrée en vigueur de la législation.

1.1.2.b.1.7. Directive 98/83/CE⁵⁵

La directive 98/83/CE a pour objectif de protéger la santé des personnes des effets néfastes de la contamination des eaux destinées à la consommation humaine en garantissant la salubrité et la propreté de celles-ci.

Les États membres doivent ainsi veiller à ce que l'eau potable (eaux destinées à la consommation humaine, à l'exception des eaux minérales naturelles et des eaux médicinales) :

- ne contienne pas une concentration de micro-organismes, de parasites ou de toute autre substance constituant un danger potentiel pour la santé des personnes ;
- soit conforme aux exigences minimales (paramètres microbiologiques, chimiques et relatifs à la radioactivité) établies par la directive (normes de qualité).

Les États membres prennent toutes les autres mesures nécessaires pour garantir la salubrité et la potabilité des eaux destinées à la consommation humaine. Ils doivent notamment fixer les valeurs paramétriques correspondant au moins aux valeurs établies par la directive (Tableau 4). En ce qui concerne les paramètres ne figurant pas dans la directive, des valeurs limites doivent être fixées par les États membres si cela est nécessaire pour la protection de la santé.

⁵¹ REACH est l'acronyme anglais de *Registration, Evaluation and Authorization of Chemicals*.

⁵² Proposition de Règlement du Parlement européen et du Conseil concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques, ainsi que les restrictions applicables à ces substances (REACH), instituant une agence européenne des produits chimiques et modifiant la directive 1999/45/CE et le règlement (CE) sur les polluants organiques persistants (COM 2003/0644 – COD 2003/0256).

⁵³ Amendements provisoires (2005) 0434 et (2005) 0435.

⁵⁴ REACH, texte du Conseil et Directive 67/548/EEC, texte du Conseil.

⁵⁵ Directive 98/83/CE du Conseil, du 3 novembre 1998, relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine.

Tableau 4 : Normes européennes de potabilité (micropolluants)

Micropolluants	Norme	Remarques
Acrylamide	0,10 µg/l	-
Antimoine	5 µg/l	-
Arsenic	10 µg/l	-
Benzène	1 µg/l	-
Benzo(a)pyrène	0,01 µg/l	-
Bore	1 mg/l	-
Bromates	10 µg/l	-
Cadmium	5 µg/l	-
Chrome	50 µg/l	-
Cuivre	2 mg/l	-
Cyanures	50 µg/l	-
1,2-dichloroéthane	3 µg/l	-
Epichlorhydrine	0,1 µg/l	-
Plomb	10 µg/l	une concentration de 25 µg/l est acceptée jusqu'en 2013
Mercurure	1 µg/l	-
Nickel	20 µg/l	-
Pesticides	0,1 µg/l	cette valeur s'applique à chaque pesticide particulier. Pour l'aldrine, la dieldrine, l'heptachlore et l'heptachlorépoxyde cette valeur est de 0,03 µg/l
Total pesticides	0,5 µg/l	cette valeur s'applique à la somme des concentrations de tous les pesticides particuliers détectés et quantifiés dans le cadre de la procédure de contrôle
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAPs)	0,1 µg/l	s'applique à la somme des concentrations de benzo(b)fluoranthène, benzo(k)fluoranthène, benzo(ghi)pérylène et indéno(1,2,3-cd)pyrène
Sélénium	10 µg/l	-
Tétrachloroéthylène et trichloroéthylène	10 µg/l	s'applique à la somme des concentrations des 2 composés
Total trihalométhanes (THM)	100 µg/l	s'applique à la somme des concentrations de chloroforme, de bromoforme, de dibromochlorométhane et de bromodichlorométhane
Chlorure de vinyle	0,5 µg/l	-

1.1.2.c. Droits Belge et wallon

1.1.2.c.1.1. Arrêté royal du 4 novembre 1987⁵⁶

Cet arrêté fixe les normes de qualité de base pour les eaux du réseau hydrographique public. Ces normes doivent assurer le rétablissement d'un développement équilibré de la vie biologique aquatique ou son maintien là où il est resté conservé. Il fixe des normes pour des paramètres généraux (e.g. pH, t°), certains macropolluants (e.g. azote, phosphore) mais aussi certains micropolluants essentiellement du type « métaux lourds » (Tableau 5).

Tableau 5 : Normes pour les micropolluants (AR du 04/11/1987)

Micropolluants	Norme ⁵⁷
indeno(1,2,3,c,d)pyrène	100 ng/l
chlorophénols :	
- par substance	100 ng/l
pesticide organochloré :	
- totaux	30 ng/l
- par substance	10 ng/l
cadmium total	1 µg/l
chrome total	50 µg/l
plomb total	50 µg/l
mercure total	0,5 µg/l
zinc	300 µg/l
cuivre total	50 µg/l
nickel total	50 µg/l
arsenic	50 µg/l
cyanures totaux	50 µg/l
hydrocarbures aromatiques monocycliques	2 µg/l

1.1.2.c.1.2. Décret du 30 avril 1990⁵⁸

Ce décret établit une taxe annuelle sur les déversements des eaux usées industrielles et domestiques. En ce qui concerne les eaux usées industrielles le montant de la taxe est proportionnel à la charge polluante des eaux usées (8,9242 euro/unité de charge polluante). Cette charge polluante est calculée conformément à des formules définies dans le décret. Pour les eaux autres que les eaux usées industrielles, la taxe est proportionnelle au volume d'eau déversée (ou prélevée pour les personnes qui déversent uniquement des eaux usées domestiques) et est fixée à 0,5542 euro/m³ déversé (ou prélevé). Cette taxe concerne uniquement les personnes, qui en raison d'un approvisionnement en eau ne provenant pas de l'alimentation publique, ne contribuent pas aux coûts de l'assainissement contenus dans le coût-vérité de l'eau.

⁵⁶ Arrêté royal du 4 novembre 1987 fixant des normes de qualité de base pour les eaux du réseau hydrographique public et portant adaptation de l'arrêté royal du 3 août 1976 portant le règlement général relatif aux déversements des eaux usées dans les eaux de surface ordinaires, dans les égouts publics, et dans les voies artificielles d'écoulement des eaux pluviales.

⁵⁷ Sur eaux brutes.

⁵⁸ Décret du 30 avril 1990 instituant une taxe sur le déversement des eaux industrielles et domestiques.

1.1.2.c.1.3. Arrêtés de l'Exécutif régional wallon du 11 février 1993⁵⁹

Ces trois arrêtés transposent en droit régional les 5 directives filles de la directive européenne 76/464/CEE (voir point 1.1.2.b.1.1). Ils fixent donc les valeurs limites et les objectifs de qualité pour les rejets des substances de la liste I de la directive 76/464/CEE.

1.1.2.c.1.4. Arrêté du gouvernement wallon du 15 décembre 1994⁶⁰

Cet arrêté a pour but de protéger ou d'améliorer la qualité des eaux douces courantes ou stagnantes dans lesquelles vivent ou pourraient vivre, si la pollution était réduite ou éliminée, certaines espèces de poissons. Des zones d'eaux piscicoles salmonicoles⁶¹ et des zones d'eaux piscicoles cyprinicoles⁶² ont été désignées et, pour ces deux types d'eaux piscicoles, des normes d'immission ont été fixées. Ces normes concernent certains paramètres généraux (t°, pH) et macropolluants et quelques micropolluants (zinc et cuivre ; Tableau 6). Les exigences des espèces de poissons cyprinicoles et salmonicoles ne sont pas les mêmes, ce qui explique que les normes pour les deux types d'eaux soient différentes.

Tableau 6 : Normes pour les micropolluants

	Zinc (mg/l)	Cuivre (mg/l)
Eaux salmonicoles	0,3	0,04
Eaux cyprinicoles	1	0,04

1.1.2.c.1.5. Arrêté du gouvernement wallon du 29 juin 2000⁶³

Cet arrêté transpose en droit régional l'article 7 de la directive européenne 76/464/CEE. Il a ainsi pour but la protection du milieu aquatique contre la pollution causée par le déversement de certaines substances dangereuses et prévoit :

- l'identification de substances pertinentes⁶⁴,
- la fixation d'objectifs de qualité pour ces substances,
- la mise en place de campagnes de surveillance (5 échantillonnages par an et par station au minimum),
- l'adoption d'un programme d'actions pour les substances dont la concentration médiane annuelle dépasse l'objectif de qualité⁶⁵,

⁵⁹ i) Arrêté de l'Exécutif régional wallon du 11 février 1993 portant les conditions générales de déversement dans les eaux de surface ordinaires et dans les égouts publics des eaux usées contenant des substances dangereuses de la liste I ; (ii) Arrêté de l'Exécutif régional wallon du 11 février 1993 portant les conditions sectorielles de déversement dans les eaux de surface ordinaires et dans les égouts publics des eaux usées contenant les substances dangereuses de la liste I suivantes : tétrachlorure de carbone, chloroforme, 1,2-dichloroéthane, trichloroéthylène, perchloroéthylène, trichlorobenzène, hexachlorobenzène et hexachlorobutadiène et (iii) Arrêté de l'Exécutif régional wallon du 11 février 1993 portant les conditions sectorielles de déversement dans les eaux de surface ordinaires et dans les égouts publics des eaux usées contenant les substances dangereuses de la liste I suivantes : DDT, pentachlorophénol, aldrine, dieldrine, endrine et isodrine.

⁶⁰ Arrêté du gouvernement wallon du 15 décembre 1994 fixant les normes générales d'immission des eaux piscicoles.

⁶¹ Eaux salmonicoles : eaux piscicoles dans lesquelles vivent ou pourraient vivre les poissons appartenant à des espèces telles que les saumons, les truites, les ombres et les corégones.

⁶² Eaux cyprinicoles : eaux piscicoles dans lesquelles vivent ou pourraient vivre les poissons appartenant aux cyprinidés ou d'autres espèces telles que les brochets, les perches et les anguilles.

⁶³ Arrêté du gouvernement wallon du 29 juin 2000 relatif à la protection des eaux de surface contre la pollution causée par certaines substances dangereuses.

⁶⁴ Une substance est considérée comme pertinente dès que la mesure ponctuelle de sa concentration dépasse au moins une fois la limite de quantification des appareils de mesure. Les substances pertinentes ont été recherchées parmi les substances des listes I et II de la directive 76/464/CEE et de l'annexe X de la directive 2000/60/CE.

⁶⁵ Un premier programme de réduction a été arrêté en 2002 et concerne les HAPs (Arrêté ministériel du 12 juillet 2002).

- une actualisation de la liste des substances pertinentes tous les trois ans.

1.1.2.c.1.6. Arrêté du gouvernement wallon du 12 septembre 2002⁶⁶

Cet arrêté modifie l'AGW du 29 juin 2000 de la façon suivante :

- les échantillonnages passent de 5 par an à 13 par an à partir de la campagne de mesure de 2003
- le réseau de surveillance est précisé (7 stations⁶⁷)
- les concentrations **médianes** annuelles doivent respecter les objectifs de qualité jusque fin de l'année 2004. Ensuite, après cette date, ce seront les valeurs des **percentiles 90** des concentrations qui devront respecter les objectifs de qualité.
- la liste des substances pertinentes est actualisée et des objectifs de qualité sont fixés pour les nouvelles substances. Cette liste contient actuellement 81 substances pertinentes (Tableau 7).

Tableau 7 : Les 81 substances pertinentes en Région wallonne et leur objectif de qualité (AGW du 12/09/2002)

Substances	Objectif de qualité (µg/l)	Substances	Objectif de qualité (µg/l)
1,1,1-trichloroéthane	10	dichlorprop (2,4-DP)	10
1,1,2,2-tétrachloroéthane	10	dichlorvos	0,1
1,1,2-trichloroéthane	10	diméthoate	1
1,1-dichloroéthane	10	Diuron	10
1,1-dichloroéthylène (chlorure de vinylidène)	10	endosulfan	0,01
1,2,4-trichlorobenzène	0,4	Ethylbenzène	2
1,2-dibromoéthane	10	heptachlore (comprenant l'heptachlorépoxyde)	0,01
1,2-dichlorobenzène	2	hexachlorobenzène (HCB)	0,03
1,2-dichloroéthane	10	hexachlorobutadiène (HCBd)	0,1
1,2-dichloroéthylène	10	hexachlorocyclohexane (isomères et lindane)	0,01
1,2-dichloropropane	10	hydrate de chloral	10
1,3-dichlorobenzène	2	hydroxyde de triphénylétain	0,02
1,3-dichloropropène	10	Isopropylbenzène	2
1,4-dichlorobenzène	2	Isoproturon	1
2,4,5-T (sels et esters)	9	linuron	1
2,4-D (inclus sels et esters)	1	malathion	0,1
2,4-dichlorophénol	0,1	MCPA	2
2-amino-4-chlorophénol	0,1	mécoprop (MCP)	4
2-chlorophénol	0,1	monolinuron	1
2-chlorotoluène	2	Naphtalène	1
3-chlorophénol	0,1	Nickel	50
4-chloro-3-méthylphénol	0,1	ométhoate	0,25
4-chlorophénol	0,1	oxyde de dichlorodiisopropyle	10
4-chlorotoluène	2	oxyde de tributylétain	0,5
acétate de triphénylétain	0,02	HAP (6 de Borneff)	0,1
acide chloracétique	10	PCB (comprenant PCT)	0,007
Anthracène	0,1	pentachlorophénol (PCP)	2
Arsenic	50	phosphate de tributyle	1
atrazine	2	Plomb	50
Bentazone	1	pyrazon (chloridazon)	0,1
Benzène	2	simazine	1
Biphényle	1	tétrachloroéthylène (PER)	10
Chlorobenzène	2	Tétrachlorure de carbone	12
Chloroforme	12	Toluène	2
chlorure de benzilidène (alpha, alpha-dichlorotoluène)	2	trichlorfon	0,1
chlorure de vinyle (chloroéthylène)	10	trichlorobenzène (TCB)	0,4
Chrome	50	Trichloroéthylène	10
Cuivre	50	Trichlorophénols	0,1

⁶⁶ Arrêté du gouvernement wallon visant à adapter la liste des substances pertinentes de l'arrêté du gouvernement wallon du 29 juin 2000 relatif à la protection des eaux de surface contre la pollution causée par certaines substances dangereuses.

⁶⁷ Réseau de surveillance « substances dangereuses » : Meuse à Dave (écluse), Meuse à Andenne (écluse), Meuse à visé (écluse), Sambre à Namur (écluse de Salzinnes), Ourthe à Liège (en amont de la confluence avec la Meuse), Escaut à Antoing (en aval du canal Nimy-Blaston) et Escaut à Herinnes (écluse).

DDT (incluant les métabolites DDD et DDE)	0,1	xylènes (mélange technique d'isomères)	2
Dichloroanilines	1	Zinc	300
Dichlorométhane	10		

1.1.2.c.1.7. Arrêté du gouvernement wallon du 15 janvier 2004⁶⁸

Cet arrêté est la transcription en droit régional de la directive européenne 98/83/CE relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine. Les normes de potabilité wallonnes concernant les micropolluants sont identiques à celles de la directive européenne (voir Tableau 4).

1.1.2.c.1.8. Code de l'eau⁶⁹

Le code de l'eau (Livre II du Code de l'environnement) a pour objectif de coordonner dans un seul document toute une série de textes législatifs applicables en matière d'eau, ceci afin de constituer un tout cohérent, dans un souci de meilleure effectivité des législations en question. Parmi ces textes figure notamment la transposition en droit wallon de la directive cadre européenne sur l'eau (2000/60/CE).

1.1.2.c.1.9. Arrêté royal du 22 février 2005⁷⁰

Cet arrêté comprend un programme de réduction des pesticides à usage agricole et des biocides. Il a pour objectif de réduire, d'ici 2010 et par rapport à 2001, de 25 % et de 50 % les risques (pour l'environnement et la santé) liés à l'utilisation des pesticides à usage agricole et à celui des biocides respectivement. Les risques sont exprimés par l'intermédiaire d'un indicateur de risque appelé PRIBel⁷¹.

⁶⁸ Arrêté du gouvernement wallon du 15 janvier 2004 relatif aux valeurs paramétriques applicables aux eaux destinées à la consommation humaine

⁶⁹ Décret du 27 mai 2004 relatif au Livre II du Code de l'Environnement constituant le Code de l'Eau

⁷⁰ Arrêté royal du 22 février 2005 relatif au premier programme de réduction des pesticides à usage agricole et des biocides

⁷¹ PRIBel = Pesticide Risk Index Belgium

1.2. Sélection des micropolluants les plus préoccupants en Région wallonne

1.2.1. Eaux de surface

Sur base de l'importance des fréquences de dépassement⁷² des objectifs de qualité de l'AGW du 12 septembre 2002, 15 substances (14 substances pertinentes sur les 81, plus le cadmium) semblent plus problématiques et constituent à priori un risque plus important pour l'environnement et la santé humaine (Tableau 8). Ces substances ont été retenues⁷³ parce que leurs concentrations dépassent fréquemment les objectifs de qualité depuis le début des échantillonnages, et en particulier ces 3 dernières années (2002-2003-2004) (voir point 2.5). Les autres substances pertinentes n'ont soit jamais présenté de dépassements soit n'en n'ont plus présenté en 2002, 2003 et 2004.

Tableau 8 : Substances considérées comme les plus problématiques en Région wallonne

Micropolluants organiques	Micropolluants minéraux ⁷⁴
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Non pesticides : <ul style="list-style-type: none"> 1,2-dichloroéthane 2-amino-4-chlorophénol dichlorométhane PCBs HAPs phosphate de tributyle toluène ▪ Pesticides : <ul style="list-style-type: none"> atrazine Isoproturon hexachlorocyclohexane (HCH) pyrazon (chloridazon) 	<ul style="list-style-type: none"> chrome plomb zinc cadmium

Il est important de préciser qu'il existe beaucoup plus que 81 substances dans l'environnement aquatique. Ainsi en Région wallonne près de 400 micropolluants sont suivis en eaux de surface (Annexe 2) mais tous ces micropolluants ne sont pas nécessairement pris en considération dans la législation⁷⁵. Cependant, quand on sait qu'il existe plus de 100 000 substances chimiques sur le marché et que 1 000

⁷² La manière dont sont calculés les dépassements est expliquée au point 2.5.

⁷³ Ce choix a fait l'objet d'une convention réalisée par l'Aquapôle pour compte de la DGRNE : CHALON C., GENNOTTE V., LOURANTOU A., DYKMANS C., BERTRAND A., LEROY D., JOAQUIM-JUSTO C., THOME J.P., GOFFART A. (2005). *Détermination du cycle dans l'environnement de certaines substances dangereuses en Région wallonne et recherche de mesures de réduction de ces substances dans les eaux de surface*. 250 pp.

⁷⁴ Le choix des micropolluants minéraux problématiques s'est effectué sur base des concentrations des formes métalliques dites extractibles. La fraction extractible d'un métal correspond à la fraction dissoute dans l'eau à laquelle s'ajoute une partie de la fraction insoluble qui peut facilement se dissoudre dans les conditions du milieu ambiant.

⁷⁵ La Région wallonne suit en effet plus de substances que celles reprises dans la liste des substances pertinentes. Elle suit des substances qui ne sont pas reprises dans la législation mais qu'il faut néanmoins considérer car elles représentent un risque pour la qualité de l'environnement. Le choix de ces substances « supplémentaires » se fait sur base de ce qui est observé dans d'autres régions ou pays ou sur base du suivi de la littérature (rapports, articles).

Ces quelques 400 micropolluants ne font pas nécessairement tous l'objet d'un suivi systématique (sauf, notamment, les substances pertinentes) mais sont plutôt analysés de manière épisodique ou ponctuelle en fonction des besoins et des priorités environnementales (e.g. pollution accidentelle). Toutefois, au total, c'est environ 3/4 des substances des listes I et II de la directive 76/464/CEE qui sont suivies de manière systématique en Région wallonne. Ces substances sont ainsi suivies dans les 7 stations officielles « surveillance des substances dangereuses » mais également au sein des autres réseaux de mesure selon les circonstances.

nouvelles sont introduites chaque année, les 400 micropolluants suivis en Région wallonne ne représentent qu'une petite partie des micropolluants susceptibles d'être présents dans l'environnement aquatique.

Parmi les micropolluants recherchés en Région wallonne et pour lesquels il n'existe encore aucun objectif de qualité, certains se rencontrent très fréquemment. Il s'agit notamment du glyphosate, la substance active d'un herbicide bien connu et largement employé aussi bien en agriculture qu'en usage privé, et du di(2-éthylhexyl)phtalate (ou DEHP), un plastifiant du PVC et d'autres polymères (caoutchouc, cellulose et styrène notamment).

1.2.2. Eaux de pluie

Etant donné qu'aucun micropolluant n'est actuellement mesuré de manière systématique⁷⁶ dans les eaux de pluies en Région wallonne, l'établissement d'une liste de micropolluants préoccupants dans ce « compartiment » est impossible.

Citons cependant que certains éléments sont mesurés dans les eaux de pluie (sodium, potassium, calcium, magnésium, chlorures, nitrates, sulfates,...) via le réseau de mesure « pluies acides » de l'ISSeP⁷⁷ mais il ne s'agit pas de micropolluants. Ces éléments ne répondent en effet pas à la définition de micropolluant établie au point 1.1.1.

La présence de micropolluants dans les eaux de pluie est toutefois un fait avéré. Des niveaux de contamination des eaux de pluie (wallonnes et autres) par les pesticides et les métaux lourds sont visibles aux points 1.2.3.a et 1.2.3.b.1.3 respectivement.

1.2.3. Inventaire des sources de micropolluants et estimation des quantités émises

Les données d'émission de micropolluants en Région wallonne sont peu abondantes et ne sont pas recueillies de façon systématique et centralisée par un organisme. Elles proviennent donc de différentes sources d'informations et ne couvrent pas l'ensemble des substances étudiées.

1.2.3.a. Rejets industriels et agricoles

Le registre EPER⁷⁸ (European Pollutant Emission Register) fournit actuellement des données d'émissions dans l'air et dans l'eau d'une quarantaine de micropolluants et ce pour 17 pays européens, dont la Belgique. Pour l'instant, ces données sont uniquement disponibles pour l'année 2001. Les données du registre EPER relatives aux micropolluants considérés comme les plus préoccupants en Région wallonne figurent dans le Tableau 9. Les données pour l'ensemble des polluants (macro- et micro-polluants) repris dans le registre EPER sont présentées en Annexe 4.

⁷⁶ Une campagne de mesure a été réalisée par l'Issep pour la période novembre 2004 – avril 2005 (voir point 1.2.3.b.1.3 page 38).

⁷⁷ ISSeP : Institut Scientifique de Service Public.

⁷⁸ Des informations plus détaillées sur le registre EPER sont disponibles en Annexe 3.

Tableau 9 : Emissions répertoriées par le registre EPER en Région wallonne et en Belgique pour les micropolluants considérés comme les plus préoccupants en Région wallonne (données 2001)

		Emissions directes dans l'air		Emissions directes dans l'eau		Emissions indirectes dans l'eau		Totaux (t)	
		t	% émissions européennes	t	% émissions européennes	t	% émissions européennes	eau	Air + eau
1,2-dichloroéthane	Belgique	60,1	2,61	0,462	2,46	0	-	0,462	60,562
	RW	35,1	1,52	0,462	2,46	0	-	0,462	35,562
dichlorométhane	Belgique	605,67	10,03	0,536	0,53	0,035	0,27	0,571	606,241
	RW	32,1	0,54	0,179	0,18	0	-	0,179	32,279
HAPs (6 de Borneff)	Belgique	9,38	3,62	0,041	0,29	0	-	0,041	9,421
	RW	8,906	3,44	0	-	0	-	0	8,906
BTEX ^{II}	Belgique	0	-	0,791	0,54	0	-	0,791	0,791
	RW	0	-	0	-	0	-	0	0
chrome et ses composés	Belgique	15,87	9,68	1,93	0,19	0,8998	0,41	2,8298	18,6998
	RW	12,877	7,86	1,5352	0,15	0	-	1,5352	14,4122
plomb et ses composés	Belgique	40,72	6,55	2,58	2,48	0,3676	2,29	2,9476	43,6676
	RW	18,792	3,02	1,6198	1,55	0,0656	0,41	1,6854	20,4118
zinc et ses composés	Belgique	124,7	7,23	74,2	7,69	2,7	1,8	76,9	201,6
	RW	85,284	4,94	55,645	5,77	1,02	0,68	56,665	141,949
cadmium et ses composés	Belgique	0,8363	3,55	0,55481	4,49	0,043	2,56	0,59781	1,43411
	RW	0,5763	2,45	0,03241	0,26	0	-	0,03241	0,60871

^I transfert vers un site de traitement des eaux usées (rejets des stations d'épuration en eaux de surface)

^{II} BTEX = somme du Benzène, Toluène, Ethylbenzène et Xylène ; le toluène n'est pas considéré indépendamment

Le registre EPER répertorie également les secteurs industriels responsables des émissions de ces mêmes micropolluants (Tableau 10).

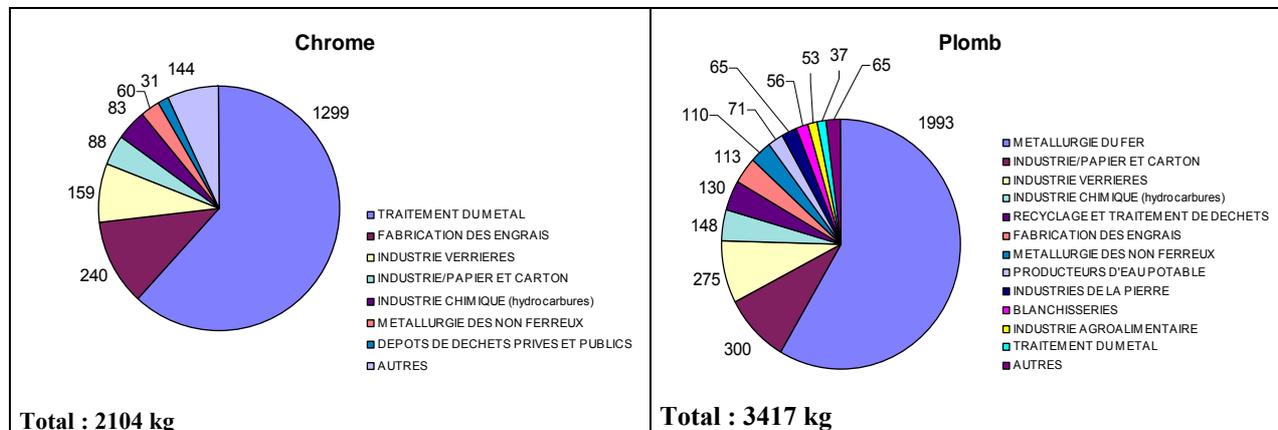
Tableau 10 : Secteurs industriels responsables des émissions (au niveau belge, émissions air-eau confondues) de micropolluants considérés comme les plus préoccupants en Région wallonne (EPER, 2001)

Micropolluants	Secteurs responsables des émissions au niveau belge	Tonnage	Contribution (%)
1,2-dichloroéthane	- chimie organique	60,562	100
dichlorométhane	- chimie organique	522,671	86
	- industrie pharmaceutique	60,69	10
	- biocides et explosifs	16,8	3
	- industrie métallurgique	6,08	1
HAPs (6 de Borneff)	- industrie métallurgique	8,8	93
	- cokerie	0,357	4
	- production de klinker de ciment, chaux, verre, substances minérales ou céramique	0,218	2
	- raffineries d'huiles minérales et de gaz	0,041	<1
	- chimie organique	0,002	<1
BTEX ^{II}	- chimie organique	0,459	58
	- raffinerie d'huiles minérales et de gaz	0,332	42
chrome et ses composés	- industrie métallurgique	14,8694	79,5
	- production de klinker de ciment, chaux, verre, substances minérales ou céramique	1,2403	6,6
	- traitement et recyclage des déchets dangereux		
	- prétraitement des textiles	1,04	5,5
	- raffinerie d'huiles minérales et de gaz	0,7808	4,2
	- chimie organique	0,409	2,2
	- installation de combustion (> 50 MW)	0,161	0,9
	- chimie inorganique et fertilisants	0,11	0,6
plomb et ses composés		0,0909	0,5
	- industrie métallurgique	40,382	92,5
	- traitement et recyclage des déchets dangereux et ménagers	1,312	3
	- production de klinker de ciment, chaux, verre, substances minérales ou céramique	1,024	2,3
	- chimie inorganique et fertilisants		

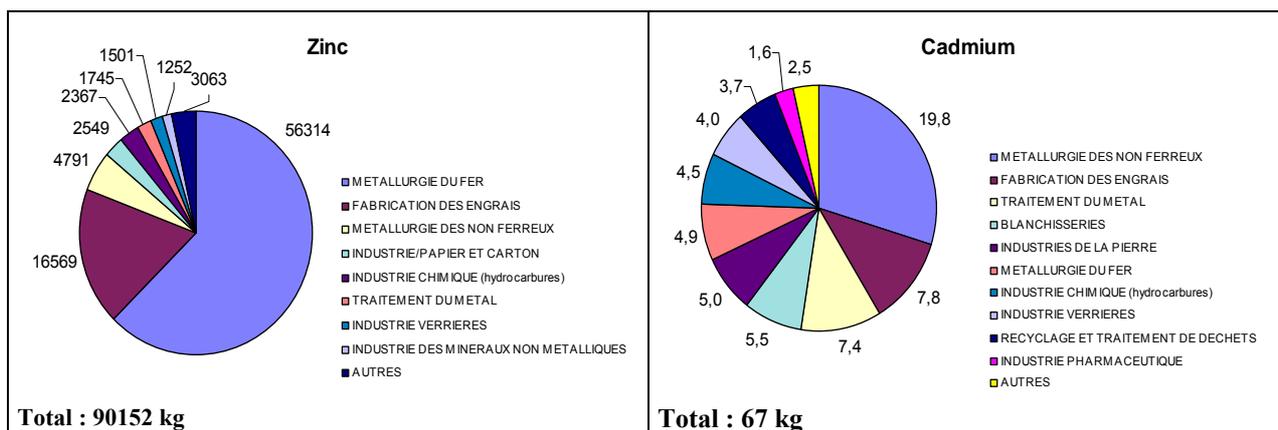
	<ul style="list-style-type: none"> - Industrie du papier et du bois - chimie organique - industrie pharmaceutique - prétraitement des textiles 	0,3613 0,317 0,158 0,0656 0,0587	0,8 0,7 0,4 0,2 0,1
zinc et ses composés	<ul style="list-style-type: none"> - industrie métallurgique - chimie inorganique et fertilisants - chimie organique - industrie du papier et du bois - production de klinker de ciment, chaux, verre, substances minérales ou céramique - traitement et recyclage des déchets dangereux et ménagers - installation de combustion (> 50 MW) - industrie pharmaceutique - prétraitement des textiles - raffinerie d'huiles minérales et de gaz - traitement de surface et industrie utilisant les solvants organiques - abattoirs, production de lait et d'autres substances brutes animales et végétales 	144,547 33,44 5,501 4,919 4,731 4,08 1,37 1,144 0,716 0,597 0,442 0,123	71,7 16,6 2,7 2,4 2,3 2 0,7 0,6 0,4 0,3 0,2 0,1
cadmium et ses composés	<ul style="list-style-type: none"> - industrie métallurgique - industrie du papier et du bois - chimie inorganique et fertilisants - traitement et recyclage des déchets dangereux et ménagers - production de klinker de ciment, chaux, verre, substances minérales ou céramique - cokerie 	1,17344 0,0969 0,07677 0,057 0,015 0,015	81,9 6,8 5,3 4 1 1

En ce qui concerne les métaux lourds, des valeurs d'émission (rejets en eaux de surface) issues des données de taxation des entreprises wallonnes pour 2003 ont été mises à disposition par la Région wallonne. La Figure 5 ci-dessous présente les rejets par secteur industriel pour les 4 métaux lourds considérés comme les plus préoccupants en Région wallonne.

Figure 5 : Rejets industriels de métaux lourds⁷⁹ (kg) considérés comme les plus préoccupants en Région wallonne en 2003



⁷⁹ Rejets totaux comprenant les rejets directs en eaux de surface et les rejets en égouts connectés ou non à une station d'épuration.



Total : 90152 kg

Total : 67 kg

Sources : MRW-DGRNE-DE-Direction de la Taxe et de la Redevance

Pour les autres micropolluants considérés comme préoccupants en Région wallonne, aucune donnée d'émission dans l'eau n'est actuellement disponible. L'utilisation de ces différentes substances permet cependant de déterminer les secteurs qui pourraient être potentiellement responsables de rejets en eaux de surface.

Tableau 11 : Utilisations de certaines substances problématiques en Région wallonne et secteurs potentiellement responsables de leurs rejets en eaux de surface

Substances	Utilisations	Secteurs potentiellement émetteurs
2-amino-4-chlorophénol	<ul style="list-style-type: none"> intermédiaire dans la fabrication de colorants, pigments et produits pharmaceutiques 	<ul style="list-style-type: none"> chimie organique industrie pharmaceutique industries produisant et utilisant les colorants et les pigments
phosphate de tributyle	<ul style="list-style-type: none"> retardateur de flamme des fluides hydrauliques d'avion solvant d'extraction et de séparation des terres rares (lanthanides) et des actinides 	<ul style="list-style-type: none"> chimie organique exploitation minière transports aériens
PCBs	<ul style="list-style-type: none"> isolant diélectrique (condensateurs et transformateurs) 	<ul style="list-style-type: none"> aucun (sauf si accident ; utilisation et élimination strictement contrôlées)
hexachlorocyclohexane	<ul style="list-style-type: none"> insecticide et biocide pharmaceutique (anti-poux, anti-acariens) (interdits⁸⁰ en Europe) 	<ul style="list-style-type: none"> aucun
atrazine	<ul style="list-style-type: none"> herbicide (interdit⁸¹ en Europe) 	<ul style="list-style-type: none"> aucun⁸²
isoproturon	<ul style="list-style-type: none"> herbicide en cultures de céréales d'hiver (seigle, orge, froment, triticale,...) 	<ul style="list-style-type: none"> production d'herbicides agriculture
Pyrazon (ou chloridazon)	<ul style="list-style-type: none"> herbicide en cultures betteravières 	<ul style="list-style-type: none"> production d'herbicides agriculture

L'épandage de **pesticides** sur les sols et les cultures est une source importante de contamination des eaux de surface mais aussi des eaux souterraines. En effet, les pesticides sont plus ou moins mobiles dans les sols et peuvent être lixiviés pour atteindre les nappes souterraines.

⁸⁰ Le lindane est interdit dans les produits phytopharmaceutiques depuis 2001.

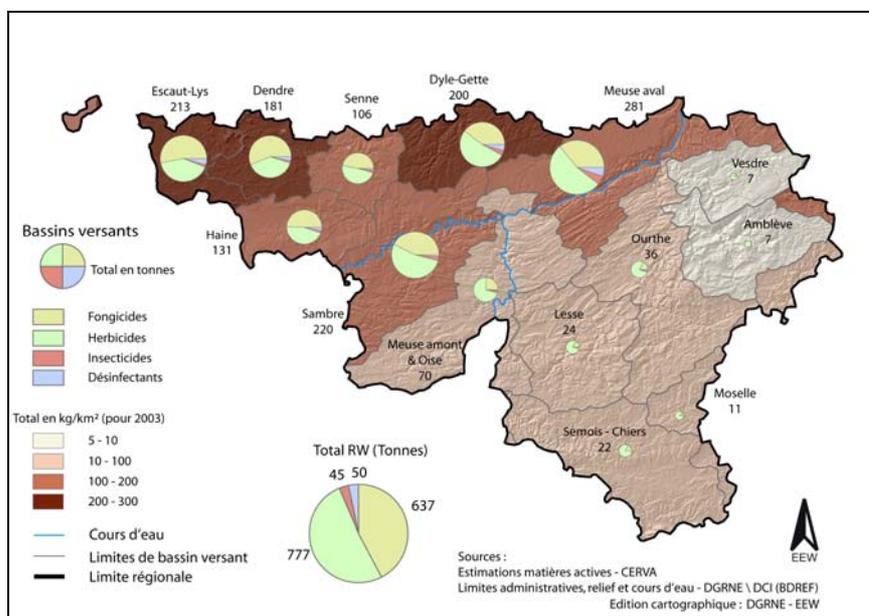
⁸¹ Les produits contenant de l'atrazine comme seule substance active ont été retirés du marché en février 2002 et les produits contenant de l'atrazine en mélange avec d'autres substances actives, depuis septembre 2004. L'utilisation des stocks existants était autorisée jusqu'en septembre 2005.

⁸² L'interdiction d'utilisation des stocks existants étant relativement récente (septembre 2005), il est fort probable que des agriculteurs ou des communes qui possèdent toujours des stocks de produits phytopharmaceutiques contenant de l'atrazine les utilisent illégalement.

En Belgique, la quantité de pesticides utilisée annuellement serait de l'ordre de 16 000 tonnes (6 000 tonnes de biocides et 10 000 tonnes de produits phytopharmaceutiques dont un tiers est utilisé pour des usages non agricoles)⁸³.

Une étude réalisée par le CERVA⁸⁴ a évalué les apports de pesticides⁸⁵ par type de culture, par région agricole et par sous-bassin hydrographique. Il ressort de cette étude que les quantités totales de matières actives utilisées en Belgique en 2003 représentaient environ 8 300 tonnes, dont moins de 40 % (\pm 3 000 tonnes) étaient appliquées en Région wallonne. En 2003, les apports de pesticides sur les sols agricoles étaient de 1508 tonnes dont 51,4 % d'herbicides, 42,3 % de fongicides, 3,3 % de désinfectants du sol et 2,9 % d'insecticides. Les cultures les plus exigeantes en pesticides (au niveau de la Région wallonne) sont la pomme de terre (35 % des apports totaux), la betterave sucrière (18 %) et le froment (17 %). Les régions agricoles caractérisées par les apports de pesticides les plus importants en Région wallonne sont la région limoneuse (62,4 % des apports totaux), le Condroz (16 %) et la région sablo-limoneuse (11,3 %). Les apports agricoles en pesticides ont également été estimés par sous-bassins hydrographiques (Figure 6).

Figure 6 : Apports de pesticides dans les sous-bassins hydrographiques wallons (2003)



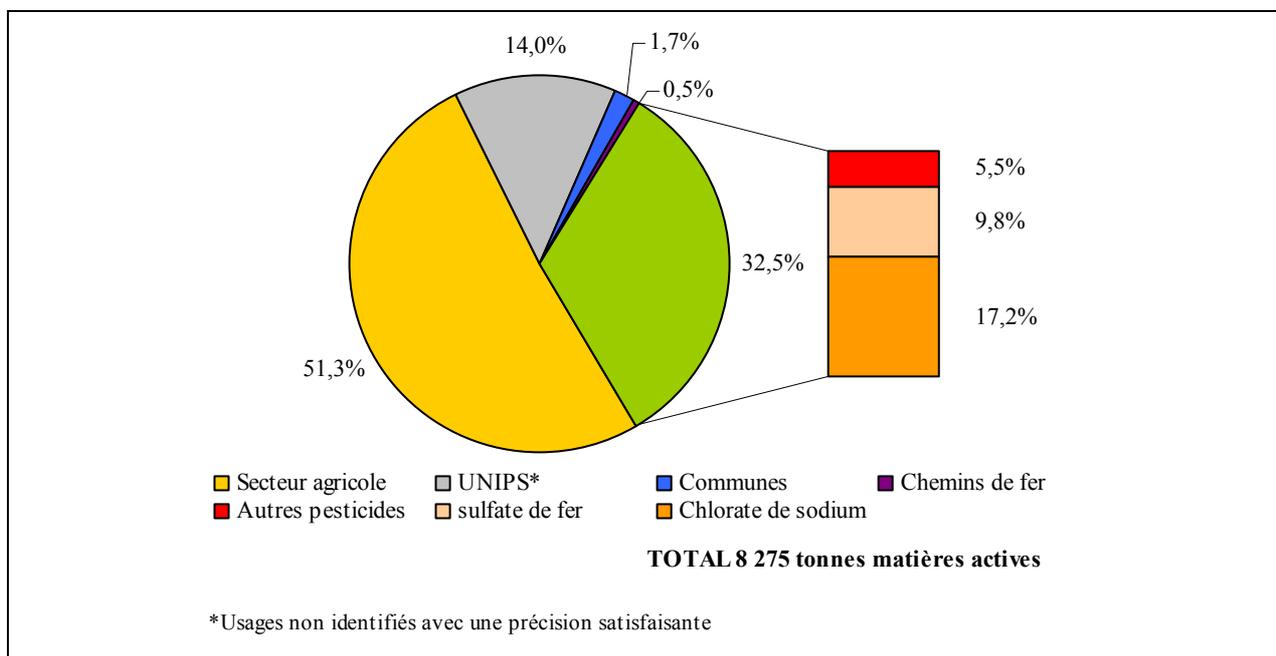
Cette étude fournit également, au niveau belge, une évaluation de la répartition des usages de pesticides selon le type d'utilisateur (Figure 7) : plus de la moitié des pesticides sont consommés par les agriculteurs et les horticulteurs, et environ un tiers par les particuliers dans le cadre de leurs activités de jardinage (désherbage des allées...). Concernant cet usage, signalons toutefois que 84 % des quantités de matières actives appliquées le sont sous la forme de chlorate de sodium et de sulfate de fer, ces deux types d'herbicides n'étant pas problématiques en terme de pollution des eaux.

⁸³ Source de ces chiffres : Bart de Smet, Sara Claeys, Walter Steurbaut, Stijn Overloop (Ghent University), disponibles sur le site du Comité Régional PHYTO : <http://www.fymy.ucl.ac.be/crp/>

⁸⁴ PISSARD A., VAN BOL V., PINEROS GARCET J.D., HARCZ P., PUSSEMIER L. (Centre d'Etude et de Recherches Vétérinaires et Agronomiques, 2005). *Calcul d'indicateurs de risques liés à l'utilisation de produits phytosanitaires. Etude préliminaire : détermination du niveau d'utilisation de pesticides en Région wallonne*. 47 pp.

⁸⁵ Concerne un peu plus de 500 pesticides.

Figure 7 : Répartition des usages de pesticides en Belgique selon le type d'utilisateur (2003)



Une autre étude du CERVA⁸⁶ réalisée dans le bassin du Nil, petit cours d'eau du Brabant wallon, a démontré que la pollution des eaux de surface par les produits phytosanitaires est principalement causée par les pertes directes de ces produits. Ainsi, 50 à 75 % des quantités de produits phytosanitaires à usage agricole⁸⁷ présentes dans le Nil résultent de la manipulation proprement dite du produit autour de l'application (rinçage du pulvérisateur, évacuation des fonds de cuves, débordement, non étanchéité du matériel,...). Ces manipulations sont en effet généralement effectuées sur des surfaces imperméables, surfaces particulièrement sujettes au ruissellement. Les pertes de produits se retrouvent ainsi rapidement dans les égouts ou les fossés pour finalement aboutir dans le cours d'eau. Sur les champs, les produits phytosanitaires sont moins soumis au ruissellement : ils sont absorbés par le sol et les racines et dégradés (totalement ou en partie) par les micro-organismes du sol.

Les pesticides peuvent également se retrouver dans les eaux de pluie. Ainsi une synthèse⁸⁸ des observations du transfert de pesticides vers l'atmosphère menées en France depuis la fin des années 1960 fournit des concentrations de plusieurs pesticides⁸⁹ dans l'eau de pluie. Ces chiffres sont donnés à titre indicatif. Pour la plupart des pesticides étudiés, les concentrations moyennes sont de l'ordre de 0,1-1 µg/l⁹⁰. Le Tableau 12 reprend les concentrations (moyenne et plage de valeurs) pour certains des pesticides considérés comme les plus préoccupants en Région wallonne.

⁸⁶ BEERNAERTS S., DEBONGNIE P.H., DE VLEESCHOUWER C., PUSSEMIER L. *Recherche des véritables sources de pollution des eaux de surface par les produits phytosanitaires et moyens de les réduire*. Principaux résultats présentés dans le Livre Vert Belgaqua-Phytofar 2002.

⁸⁷ Les produits phytosanitaires considérés dans cette étude sont l'isoproturon, l'atrazine, le lénacile et le chloridazon.

⁸⁸ BEDOS C., CELLIER P., CALVET R., BARRIUSO E. (2002). *Occurrence of pesticides in the atmosphere in France*. *Agronomie*, vol. 22, p. 35-49.

⁸⁹ Alachlor, Atrazine, dééthyl-atrazine, cyanazine, dinoterb, diuron, isoproturon, mecoprop, simazine, terbutylazine, HCB, aldicarb, aldrine, DDT, DDD, DDE, dieldrine, femproprathrine, lindane (γ-HCH), α-HCH, parathion-méthyl.

⁹⁰ Exception faite du mecoprop pour lequel la concentration moyenne est de 15,9 µg/l.

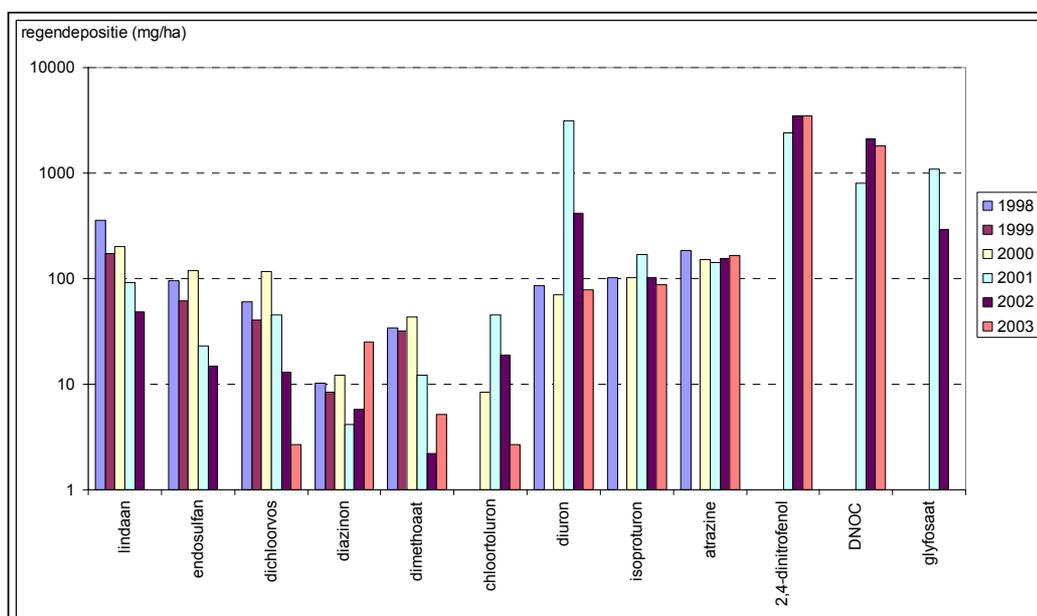
Tableau 12 : Concentrations de certains des pesticides considérés comme les plus problématiques en Région wallonne mesurées dans les eaux de pluie en France

Pesticides	Concentration (µg/l)		Remarque
	moyenne	plage de valeurs	
Atrazine	0,22	<ld – 5,1	milieu rural
Isoproturon	0,67	<ld – 5,83	milieu rural
Lindane (γ-HCH)	0,16	<ld – 0,8	milieu rural
	0,029	-	milieu urbain

ld : limite de détection

La Région flamande a, quant à elle, évalué les dépositions moyennes⁹¹ de certains pesticides via les eaux de pluie sur son territoire (Figure 8). Il est fort probable que les pesticides présents dans les eaux de pluie flamandes le soient également dans les eaux de pluies wallonnes (mais pas nécessairement au même niveau de concentration, étant donné un niveau d'utilisation différent de part et d'autre de la frontière linguistique).

Figure 8 : Dépositions moyennes (mg/ha) de certains pesticides en Région flamande via les eaux de pluie



Sources : MIRA, VMM (2004)

1.2.3.b. Autres sources de rejets de nature anthropique

1.2.3.b.1.1. Trafic et gaz d'échappements

Parmi toutes les sources anthropiques de micropolluants il en existe une qui est responsable d'une quantité importante de rejets et qui émet plusieurs type de micropolluants. Il s'agit du **trafic** (routier, aérien, fluvial) et des **gaz d'échappements** qui résultent de cette activité. Ainsi une estimation réalisée par l'IBGE⁹² pour la Région de Bruxelles-Capitale montre que, dans cette région, le transport est le responsable majeur de la dégradation de la qualité de l'air. Il est à l'origine, entre autre, de 89 % des émissions d'HAPs et de 44 % des émissions de composés organiques volatils (e.g. toluène, benzène). Ces

⁹¹ Moyenne annuelle de 3 stations : Genk (Bokrijk), Gent, Oostende.

⁹² IBGE : Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement.

chiffres sont certainement plus faibles en Région wallonne puisque, contrairement à la Région de Bruxelles-Capitale, elle possède sur son territoire des industries lourdes et que la densité de population est plus faible (trafic moins important). Ces chiffres sont cependant intéressants car ils pourraient être représentatifs des zones où le trafic est important et les industries peu nombreuses (e.g. centres ville).

Au niveau de la Région wallonne, les inventaires des émissions de polluants atmosphériques⁹³ permettent de fournir un autre type d'estimation. Ceux-ci permettent d'évaluer les rejets d'HAPs et de dioxines/furannes par le secteur des transports⁹⁴ (Tableau 13).

Tableau 13 : Estimation des rejets d'HAPs et de dioxines/furannes par le secteur des transports en Région wallonne

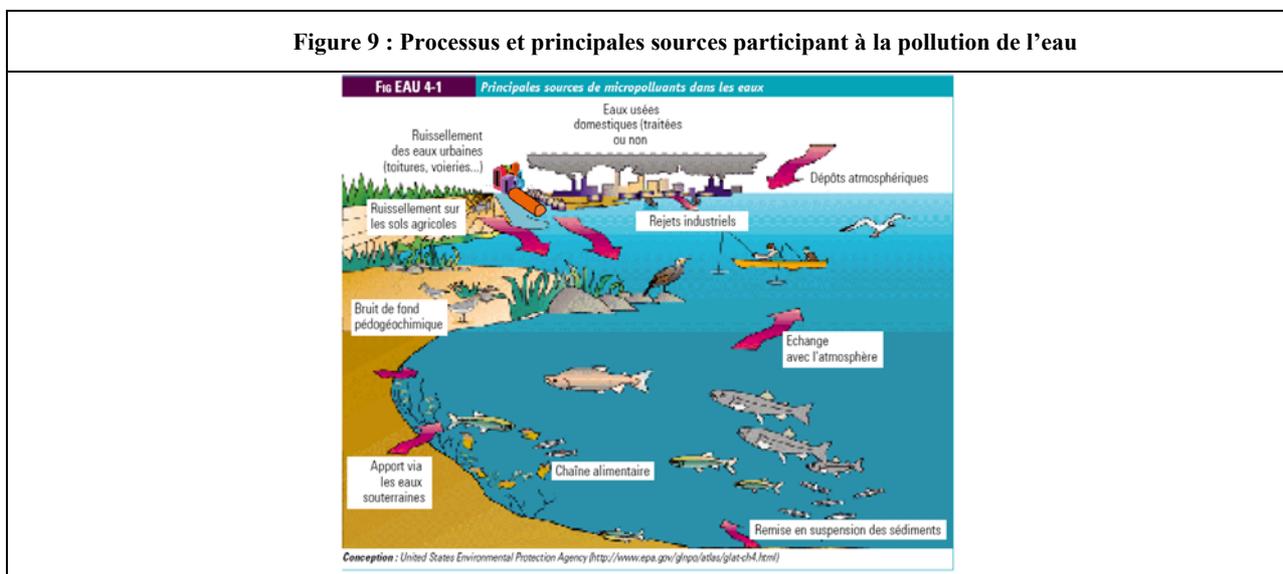
	2000 (t)	2001 (t)	2002 (t)
HAPs	200,28	192,93	192,93
Dioxines/furannes	292,67	268,9	243,93

Les émissions de micropolluants par le secteur des transports sont qualifiées de diffuses et non pas de ponctuelles comme la plupart des autres précédemment citées. Elles sont de ce fait difficilement quantifiables et contrôlables.

Parmi les 15 micropolluants considérés comme problématiques en Région wallonne, ceux que l'on retrouve dans les gaz d'échappement sont le toluène, les HAPs, le chrome, le plomb et le cadmium. Certains métaux résultent aussi de l'usure des pneumatiques (zinc, cadmium) et des freins (cuivre, plomb).

Bien que ces rejets, tout comme ceux de beaucoup d'industries, se font principalement vers l'atmosphère, une partie des molécules présentes dans l'air rejoignent l'eau via les dépositions humides (pluie, neige) et sèches. Les molécules qui se retrouvent sur les sols ou d'autres types de surface (e.g. voiries, toitures) peuvent également atteindre les eaux de surface via leur lessivage par les eaux de pluie. La Figure 9 représente les différents processus et les principales sources participant à la pollution de l'eau.

Figure 9 : Processus et principales sources participant à la pollution de l'eau



⁹³ Réalisés par la « Cellule Air » de la DGRNE (MRW-DGRNE-DPA-Cellule Air).

⁹⁴ Ils ont plus exactement évalué la répartition de ces rejets par type de véhicule (voitures, motos, véhicules < 3,5 t et > 3,5 t), par type de carburant (essence, diesel, LPG), par secteur (résidentiel, tertiaire, industriel) et par type de transport (rural, urbain, autoroutier).

1.2.3.b.1.2. Eaux usées domestiques

Une autre source importante de micropolluants est le rejet des **eaux usées domestiques**. Les métaux, par exemple, sont présents dans de nombreux produits à usage domestique⁹⁵ (cosmétiques, onguents, produits d'entretien, médicaments, peintures). Une étude⁹⁶ [1] évoque une production domestique, liée à la consommation de nourriture et de produits de consommation, de 3,5 mg/habitant/jour pour le cuivre et de 600 µg/habitant/jour pour le plomb. Une autre⁹⁷ [2] cite des concentrations moyennes dans les eaux usées domestiques de 3 µg/l pour le cadmium, de 150 µg/l pour le cuivre, de 100 µg/l pour le plomb et de 500 µg/l pour le zinc. D'après cette même étude, les principales sources de métaux dans les eaux usées domestiques sont les eaux de nettoyage et les eaux de lavage des vêtements. L'application de ces données à l'échelle de la Région wallonne⁹⁸ est présentée dans le tableau 16. Le volume des eaux usées domestiques utilisé pour ces calculs est de 100 l/hab/jour⁹⁹.

Tableau 14 : Estimation des apports de certains métaux lourds par les eaux usées domestiques en Région wallonne

	étude [1]	étude [2]
Cadmium	-	3 µg/l → 300 µg/hab/j RW : 1 kg/j ou 370 kg/an
Plomb	600 µg/hab/j RW : 2 kg/j ou 740 kg/an	100 µg/l → 10 mg/hab/j RW : 33,8 kg/j ou 12,3 t/an
Zinc	-	500 µg/l → 50 mg/hab/j RW : 169 kg/j ou 61,7 t/an
Cuivre	3,5 mg/hab/j RW : 11,8 kg/j ou 4,3 t/an	150 µg/j → 15 mg/hab/j RW : 50,7 kg/j ou 18,5 t/an

La disparité des résultats entre les deux études pour le plomb et le cuivre peut s'expliquer, entre autre, par la variabilité des concentrations de ces deux métaux dans l'eau de distribution. En effet les concentrations en plomb et en cuivre peuvent être plus importantes lorsqu'il y a corrosion des canalisations en plomb et des tuyauteries en cuivre. Ainsi dans le cas d'eaux légèrement acides, ce phénomène serait à l'origine d'une part importante de la charge de ces métaux dans les eaux usées domestiques (50 à 90 % pour le cuivre et 30 à 90 % pour le plomb)¹⁰⁰. Les eaux calcaires sont moins sensibles à ce phénomène (les dépôts calcaires formant une protection contre la corrosion).

Selon une autre étude¹⁰¹ les apports d'hydrocarbures dans les eaux usées domestiques sont faibles.

Les rejets domestiques de métaux lourds ont été estimés pour la Région flamande¹⁰². Ces chiffres, ramenés par habitant, ont été appliqués à la Région wallonne. En effet, il est peu probable que les habitudes alimentaires et domestiques d'un flamand et d'un wallon diffèrent significativement.

⁹⁵ LESTER J.N. (1987). Heavy metals in wastewater and sludge treatment processes. CRC Press, 183 pp.

⁹⁶ ISAAC R.A., GIL L., COOPERMAN A.N., HULME K., EDDY B., RUIZ M., JACOBSON K., LARSON C., PANCORBO O. C. (1997). Corrosion in drinking water distribution systems : a major contributor of copper and lead to wastewaters and effluents. Environmental Science and Technology, vol. 31, p. 3198-3203.

⁹⁷ Koppe et Klopp (1984) cité dans GUTEKUNST B. (1988). Siedlungswasserwirtschaft, Universität von Karlsruhe, volume 49, ISSN 0722-7698, 141 pp.

⁹⁸ Application du nombre d'habitant en Région wallonne en date du 19/10/2004 : 3.380.498 habitants (IWEPS).

⁹⁹ ARTIERES O. (1987). Les dépôts en réseau d'assainissement unitaire. Thèse de doctorat, Université Louis Pasteur de Strasbourg, ENITRTS, 214pp.

BUTLER D., FRIEDLER E., GATT K. (1995). Characterising the quantity and quality of domestic wastewater inflows. Water Science and Technology, vol. 31, n°7, p. 13-24.

¹⁰⁰ Idem 96

¹⁰¹ FARRINGTON et QUINN (1987) cité dans HOFFMAN E.J., QUINN J.G. (1987). Chronic hydrocarbon discharges into aquatic environments: Municipal treatment facilities. Oil in freshwater, p. 97-113.

Tableau 15 : Estimation des rejets domestiques de métaux lourds en Région wallonne sur base des rejets en Région flamande

	Région Flamande (2001)		Région wallonne ¹⁰³
	kg/hab/an	t/an	t/an
Arsenic	0,203	1212	688
Cadmium	0,06	357	203
Mercure	0,019	118	67
Cuivre	9,583	57047	32397
Chrome	0,189	1129	641
Nickel	0,394	2350	1335
Plomb	1,538	9155	5199
Zinc	11,452	68171	38715

La comparaison de cette dernière estimation avec la première (voir tableau 16) est très étonnante. Les rejets sont en effet plus importants dans la dernière que dans la première estimation, avec un facteur de minimum 400 (plomb) et de maximum 7500 (cuivre). Ces différences ne sont pas dues au volume des eaux domestiques puisque, pour la Région flamande, il est de 115 l/hab/an, ce qui est très proche des 100 l/hab/an utilisés pour les calculs de la première estimation.

N'ayant pas, d'une part, d'autres détails à propos des différentes études utilisées pour la première estimation et, d'autre part, des informations supplémentaires au sujet de l'estimation des rejets d'eaux domestiques en Région flamande, il est difficile d'avancer des hypothèses qui pourrait expliquer cette différence.

1.2.3.b.1.3. Eaux de ruissellement

Les eaux de ruissellement constituent elles aussi une source non négligeable de polluants. Quinze à 25 % de la pollution de ces eaux sont imputables à celle de l'**eau de pluie** (lessivage de l'atmosphère)¹⁰⁴. Dans le cas des métaux lourds, cette proportion pourrait atteindre 50 à 75 %¹⁰⁵. En Région wallonne, les métaux lourds (et les micropolluants en général) ne sont pas suivis de manière systématique dans les eaux de pluie. Des mesures de métaux lourds dans les eaux de pluie ont tout de même été réalisées pour la période novembre 2004 - avril 2005 par l'ISSeP dans quelques stations du réseau «pluies acides» dans le cadre d'une convention¹⁰⁶ entre l'Aquapôle, le CEME¹⁰⁷ et la DGRNE (Tableau 16). Ces stations sont localisées dans des lieux éloignés de sources importantes de pollution et représentent donc plutôt le milieu rural.

¹⁰² Réponses de la Région Flamande au questionnaire conjoint OCDE-EUROSTAT relatif aux eaux intérieures (2004), OCDE (Direction de l'Environnement, Comité des Politiques d'Environnement, Sous-groupe sur l'information et les perspectives environnementales) et EUROSTAT (Direction E : Agriculture, pêche, fonds structurels et statistiques de l'environnement, Unité 5 : Environnement et développement durable, Groupe de travail « Statistiques de l'environnement »).

¹⁰³ Les rejets ont été calculés à partir des données de rejets de la Région flamande de 2001 en appliquant le nombre d'habitant en Région wallonne en date du 19/10/2004 : 3.380.498 habitants (IWEPS).

¹⁰⁴ ELLIS J.B. (1986). *Pollutional aspects of urban runoff*. Publié dans : *Urban Runoff Pollution*, Ed. Torno H.C., Marsalek J. et Desbordes M., NATO ASI Series, vol. G10, Springer Verlag Berlin Heidelberg, p.1 –38.

¹⁰⁵ Idem 104

¹⁰⁶ GENNOTTE V., BERTRAND A., THOME J.P., GOFFART A., EVERBECQ E., SMITZ J., DELIEGE J.F. (2005). *Calcul des charges critiques en métaux lourds pour les eaux de surface en Région wallonne – Ecosystèmes aquatique : réservoirs de barrage et lacs*. Rapport final. Convention Ministère de la Région wallonne (DGRNE)/Aquapôle/ULg (CEME). 46 pp.

¹⁰⁷ CEME : Centre d'Etude et de Modélisation de l'Environnement (ULg).

Tableau 16 : Moyennes des concentrations (µg/l) en métaux lourds mesurées dans l'eau de pluie dans 5 stations wallonnes pour la période novembre 2004 - avril 2005

	Cadmium	Chrome	Cuivre	Nickel	Plomb	Zinc
Virelles	1	1,52	4,71	1,34	11,28	117,15
Offagne	1,22	1,46	2,81	1,3	3,01	229,68
Habay-la-vieille	0,91	0,77	11,7	1,24	5,82	122,59
Sinsin	1,85	1,05	2,98	0,93	4,57	335
Jalhay	0,53	0,79	2,24	0,77	5,38	94,38
Moyenne des 5 stations	1,10	1,12	4,89	1,12	6,01	179,76

Les concentrations en métaux pouvant varier fortement d'un site à un autre et même d'une pluie à une autre, le Tableau 17 présente, à titre indicatif, les plages de concentrations en certains métaux lourds résultant de la compilation de différentes d'études¹⁰⁸.

Tableau 17 : Plage de concentrations de certaines métaux lourds dans l'eau de pluie résultant de la compilation de diverses études

Cadmium	Cuivre	Plomb	Zinc
0,15-2,4 µg/l	1,2-34,4 µg/l	0-520 µg/l	0-11940 µg/l

Toujours à titre indicatif, les dosages de PCBs et d'HAPs réalisés par une équipe du PIREN-Seine¹⁰⁹ dans l'eau de pluie sont présentés dans le Tableau 18 ci-dessous. Ils concernent un évènement pluvieux de septembre 1999 dans la région parisienne.

Tableau 18 : Concentrations en PCBs et en HAPs dans l'eau de pluie, lors d'un évènement pluvieux de septembre 1999 en région parisienne

PCBs ¹¹⁰	HAPs ¹¹¹
60 ng/l	40 ng/l

La pollution des eaux de ruissellement est donc imputable à celle des eaux de pluie mais elle est aussi le résultat du lessivage des surfaces (voiries, toitures), et ce particulièrement en milieu urbain.

Les **eaux de ruissellement de toiture** peuvent présenter des concentrations en métaux lourds significatives. Ces concentrations dépendent du type de recouvrement. Ainsi selon une étude réalisée sur plusieurs types de toitures¹¹², les toitures en zinc peuvent engendrer des concentrations en zinc dans les eaux de ruissellement 100 à 1000 fois supérieures à celles mesurées sur d'autres types de toitures (tuiles, feutre bitumé). Pour les toitures en tuile avec une bordure en cuivre, les concentrations en cuivre dans les eaux de ruissellement peuvent être 100 à 10000 fois supérieures à celles mesurées dans l'eau de pluie.

Les gouttières galvanisées, les toitures présentant des parties en plomb (bavette, faîtage, chatière) et les gouttières en PVC peuvent également avoir une influence sur les concentrations en zinc et en plomb

¹⁰⁸ Etudes compilées dans GOMAIRES-MERTZ M-C. (1998). *La pollution des eaux pluviales urbaines en réseau d'assainissement unitaire caractéristiques et origines*. Thèse de doctorat de l'École nationale des Ponts et Chaussées.

¹⁰⁹ TEIL M.J., BLANCHARD M., OLLIVON D., GARBAN B., CHEVREUIL M. (2000). *Origine et qualité des apports en Polluants Organiques Persistants : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques et Polychlorobiphényles, de temps sec et de temps de pluie, à la station d'épuration Seine-Aval*. Rapport GDR PIREN-Seine 1999, Thème V-3, 21pp.

¹¹⁰ PCBs : somme des 7 traceurs.

¹¹¹ HAPs : somme des 6 de Borneff.

¹¹² QUEK U., FORSTER J. (1993). *Trace metals in roof runoff*. Water Air and Soil Pollution, vol. 68, p. 373-389.

(les sels de plomb sont utilisés comme stabilisant du PVC). Une autre étude¹¹³ estime que la corrosion des toitures en zinc s'élève à environ 7 à 17 g Zn/m²/an et celles en cuivre à environ 7,5 à 15 g Cu/m²/an.

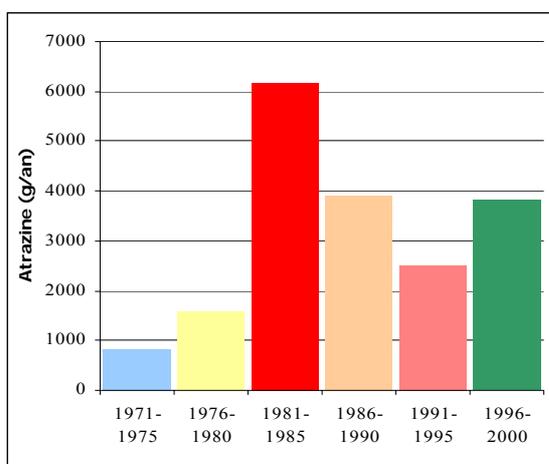
Les **eaux de ruissellement de voiries** présentent également des concentrations en métaux lourds et en hydrocarbures plus importantes que dans les eaux de pluie. Cette pollution est principalement due au trafic automobile (dépôts des gaz d'échappement, usure des pneus, des freins et du revêtement de voirie) et s'avère être plus importante en centre ville qu'en zone résidentielle.

Les **eaux de ruissellement des autoroutes** sont également contaminées par les métaux lourds et les hydrocarbures. Une étude réalisée sur une portion d'autoroute régionale française¹¹⁴ (A11 à Nantes) a montré que un kilomètre d'une autoroute moyenne (25000 véhicules/jour, 1 km = 2 ha) libère dans ses eaux de ruissellement 25 kg d'hydrocarbures, 4 kg de zinc et 0,5 kg de plomb par an.

Si l'on considère que l'intensité du trafic est la même sur l'entièreté du réseau autoroutier wallon (837 km), l'application de ces chiffres à la Région wallonne serait de 21 t/an pour les hydrocarbures, 3,3 t/an pour le zinc et 420 kg/an pour le plomb.

Il ne faut pas oublier les **eaux de ruissellement des surfaces agricoles** traitées par des pesticides qui constituent une source non négligeable de ce genre de micropolluant dans les eaux de surface. Une estimation des quantités d'atrazine associées aux particules de sol exportées vers les cours d'eau en Région wallonne, réalisée à partir du modèle EPICgrid_PIRENE¹¹⁵, le démontre (Figure 10).

Figure 10 : Estimation des quantités d'atrazine associées aux particules de sol exportées vers les cours d'eau en Région wallonne



1.2.3.b.1.4. Apports transfrontaliers

¹¹³ Barton (1973) cité dans BOLLER M. (1997). *Tracking heavy metals reveals sustainability deficits of urban drainage systems*. Water Science and Technology, vol. 35, n°9 p. 77-87.

N.B.: Les références bibliographiques reprises dans les notes de bas de page 95 à 113 proviennent de GOMAIRES-MERTZ M-C. (1998). La pollution des eaux pluviales urbaines en réseau d'assainissement unitaire caractéristiques et origines. Thèse de doctorat de l'École nationale des Ponts et Chaussées.

¹¹⁴ Laboratoire central des Ponts et Chaussées (LCPC) de Nantes.

¹¹⁵ UHAGx-FUSAGx, 2003.

En plus des retombées de micropolluants issues des émissions localisées sur le territoire wallon, les apports atmosphériques transfrontaliers de certaines substances peuvent être non négligeables¹¹⁶. Ainsi le programme EMEP¹¹⁷ a évalué, pour l'année 2001, que ces apports transfrontaliers représentaient 26 % des retombées totales de benzo(a)pyrène¹¹⁸ (soit 1,1 tonnes) sur le territoire belge, 25 % pour le plomb (soit 14 tonnes) et 47 % pour le cadmium (2002 ; soit 737 kg). Ceci rend évident le fait que les mesures à prendre pour réduire la pollution par ces micropolluants doivent être mises en œuvre au niveau européen à défaut du niveau mondial. Il serait en effet difficile de diminuer significativement les niveaux de contamination de ces substances en Région wallonne si les régions et les pays voisins ne font rien de leur côté pour atteindre ce même objectif.

Les apports transfrontaliers se font également via le réseau hydrographique (e.g. apports venant de la Meuse française). Cependant, il n'existe, à notre connaissance, aucune estimation de ces apports.

1.2.3.c. Sources naturelles

Outre les sources anthropiques, certains des 15 micropolluants considérés comme les plus problématique en Région wallonne proviennent également de sources naturelles. Ainsi les 4 métaux considérés (Cd, Cr, Pb, Zn) (et de manière générale tous les éléments traces métalliques) sont des éléments présents dans les sols (bruit de fond pédogéochimique) et qui, par des phénomènes naturels tel que l'érosion, aboutissent dans l'environnement aquatique. Les feux de forêts et l'activité volcanique¹¹⁹ constituent également des sources naturelles de métaux mais aussi de toluène et de HAPs.

Le programme EMEP a évalué, au niveau du territoire européen, les émissions naturelles¹²⁰ de plomb à 330 g/km²/an et celles de cadmium à 18 g/km²/an. Lorsque l'on applique ces données à la Région wallonne (superficie de 16 844 km²) on pourrait estimer que les émissions naturelles de plomb et de cadmium représenteraient respectivement 5,6 T/an et 0,3 T/an sur l'ensemble du territoire wallon. Ces chiffres sont uniquement présentés à titre indicatif. En effet, les émissions naturelles ne sont pas réparties uniformément sur le territoire européen.

1.2.4. Description générale des impacts potentiels des micropolluants sur l'environnement et l'homme

Depuis le début de l'industrialisation, les activités humaines ont engendré de sérieuses perturbations de l'environnement. Les écosystèmes aquatiques n'ont pas été épargnés par la vague de pollution industrielle. En effet, de nombreuses substances polluantes peuvent se dissoudre dans l'eau ou être mises en suspension, engendrant des altérations indéniables de la qualité physico-chimique de l'eau et des sédiments. Un certain nombre de conséquences dramatiques pour la faune aquatique et, par voie de conséquence, pour l'homme, découlent de ces altérations. Ainsi, les faits suivant sont le plus souvent observés :

- perturbation du métabolisme des organismes aquatiques (e.g. perturbation de la reproduction, mortalité) ;

¹¹⁶ Il est évident qu'une partie des émissions atmosphériques belges se traduisent également par une retombée chez les pays voisins

¹¹⁷ EMEP: Cooperative Programme for Monitoring and Evaluation of Long-range Transmission of Air pollutants in Europe.

¹¹⁸ Un hydrocarbure aromatique polycyclique (HAP).

¹¹⁹ Inexistante en Région wallonne.

¹²⁰ Il s'agit plus précisément d'émissions « quasi-naturelles » : activités volcaniques et érosion des sols. Sols qui contiennent des métaux lourds naturellement mais qui ont également été « enrichis » par ces éléments suite à des dépôts issus d'émissions de nature anthropique.

- modifications de la structure des communautés aquatiques (e.g. disparition d'espèces, apparition d'autres) ;
- bioaccumulation des xénobiotiques le long des chaînes trophiques, jusqu'à l'homme qui constitue souvent le dernier maillon de ces chaînes ;
- impacts sur l'état patrimonial des eaux souterraines pouvant mettre ainsi en péril la potabilité des eaux en les rendant impropres à la consommation par les animaux et par l'homme.

Ces points seront abordés plus en détail au niveau du point 4.

2. Situation en Région wallonne: état et évolution des niveaux de contamination par les micropolluants

2.1. Choix d'un indicateur environnemental pour les micropolluants

Le choix d'un indicateur environnemental s'est naturellement porté sur les niveaux de contamination exprimés en concentrations de micropolluants dans les eaux de surface. Les normes à respecter sont également exprimées en concentrations (mg/l, µg/l).

2.2. Vue synoptique du niveau de contamination des eaux en Région wallonne

2.2.1. Eaux de surface courantes

Seuls seront suivis les niveaux de contamination (vue synoptique et évolution temporelle) de quelques unes des 15 substances considérées comme les plus problématiques en Région wallonne. Le choix s'est porté sur :

- le **cadmium** et les **HAPs**, qui correspondent respectivement au métal et au composé organique « non pesticide » le plus préoccupant d'un point de vue dépassement de norme (voir point 2.5.1),
- l'**atrazine** et le **lindane**, pesticides qui ont largement été employés autrefois mais qui sont actuellement interdits,
- le **glyphosate**, pesticide bien connu et abondamment utilisé en agriculture et en usage privé à l'heure actuelle et
- les **PCBs**, molécules également largement employées autrefois mais actuellement en voie d'interdiction, qui seront plus particulièrement abordées au point 4 (impacts de la contamination des eaux par les micropolluants).

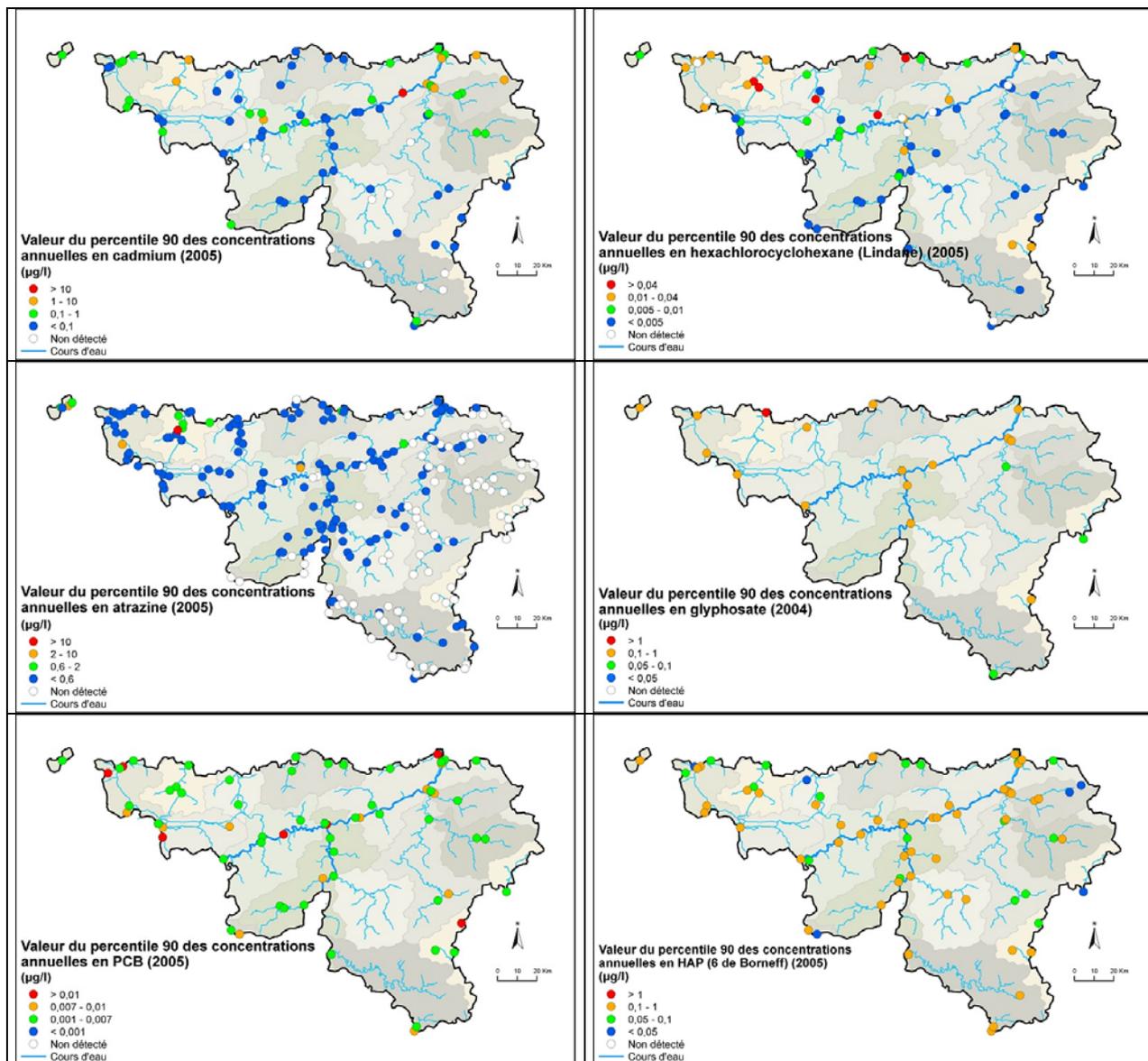
Les niveaux de contamination actuels (2005) pour ces 6 micropolluants sont représentés par stations de mesure sous forme de points de couleur dans les cartes de la Figure 11. Les codes couleurs utilisés pour les différentes cartes ont été définis en tenant compte d'une norme. Les normes utilisées sont celles de l'AGW du 12 septembre 2002 pour le lindane, l'atrazine, les PCBs et les HAPs, celle de l'AR du 4 novembre 1987 pour le cadmium et celle de la directive 98/83/CE (norme de potabilité) pour le glyphosate¹²¹.

Ainsi, pour chacune des cartes de la Figure 11, la valeur de la borne supérieure du code couleur « vert » correspond à celle de la norme choisie. Les points verts et bleus correspondent ainsi à des stations qui présentent des concentrations (en percentile 90 annuel) inférieures à la norme et qui leur sont donc conformes.

L'analyse de ces différentes cartes nous indique que la situation est très positive pour l'atrazine puisque seulement moins de 2 % des stations dépassent la norme. La situation est par contre mitigée pour le cadmium, le lindane et les PCBs avec respectivement près de 12 % et 30 % (pour les deux derniers) de dépassement de norme. Le cas des HAPs et du glyphosate est, quant à lui, très préoccupant puisque ces pourcentages dépassent les 50 % (65 % et 80 % respectivement).

¹²¹ Ces normes seront présentées plus en détail au point 2.4.1 excepté pour le glyphosate pour lequel aucune norme n'existe dans la problématique de la protection de la faune sauvage ou des eaux de surface contre la pollution. Pour ce micropolluant la norme utilisée (directive 98/83/CE) a pour objectif de protéger la santé des personnes (potabilité des eaux destinées à la consommation humaine).

Figure 11 : Niveaux de contamination des cours d'eau wallons en 2005¹²² pour 6 des micropolluants considérés comme les plus problématiques en Région wallonne



Sources : MRW-DGRNE-DE-Direction des Eaux de Surface - Base de données AQUAPHYC

2.2.2. Eaux de surface stagnantes

En Région wallonne, le niveau de contamination des eaux de surface stagnantes (lacs, réservoirs de barrage) par les micropolluants n'est pas suivi de manière systématique. Toutefois des concentrations en métaux lourds dans 7 lacs/réservoirs de barrage wallons pour la période juillet 2004 – février 2005 sont disponibles dans le rapport d'une convention¹²³ entre l'Aquapôle, le CEME et la DGRNE (Tableau 19). La localisation géographique des ces 7 lacs est présentée en Annexe 5.

¹²² En 2004 pour le glyphosate.

¹²³ GENNOTTE V., BERTRAND A., THOME J.P., GOFFART A., EVERBECQ E., SMITZ J., DELIEGE J.F. (2005). *Calcul des charges critiques en métaux lourds pour les eaux de surface en Région wallonne – Ecosystèmes aquatique : réservoirs de barrage et lacs*. Rapport final. Convention Ministère de la Région wallonne (DGRNE)/Aquapôle/ULg (CEME). 46 pp.

L'analyse des résultats montre que ce sont généralement les lacs d'Eupen et de la Gileppe qui présentent les taux de contamination les plus élevés, particulièrement en cadmium, chrome et zinc. A l'inverse, les concentrations mesurées dans le lac de la Plate Taille sont presque systématiquement les plus faibles.

Tableau 19 : Valeurs moyennes des concentrations en métaux lourds mesurées dans 7 lacs wallons en 2004-2005 (µg/l)

Paramètres	Eupen	Gileppe	Bütgenbach ¹²⁴	Robertville	Nisramont	Ry de Rome	Plate Taille	Moyenne des 7 lacs
Arsenic total µg/l	0,25	0,25	/	0,25	0,50	0,25	0,00	0,25
Arsenic dissous µg/l	0,00	0,25	/	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04
Cadmium total µg/l	1,17	1,03	0,10	0,02	0,02	0,03	0,03	0,34
Cadmium dissous µg/l	0,80	0,60	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,21
Chrome total µg/l	1,33	0,83	0,00	0,17	0,00	0,33	0,50	0,45
Chrome dissous µg/l	0,33	0,83	0,00	0,17	0,00	0,00	0,33	0,24
Cuivre total µg/l	1,50	4,33	1,00	2,67	4,83	3,83	1,17	2,76
Cuivre dissous µg/l	0,17	0,50	0,00	0,00	0,83	0,33	0,00	0,26
Mercuré total µg/l	0,00	0,00	/	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
Mercuré dissous µg/l	0,00	0,00	/	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
Nickel total µg/l	2,83	4,33	2,00	2,83	2,83	3,00	0,50	2,62
Nickel dissous µg/l	2,00	2,00	2,00	1,33	1,50	1,33	0,33	1,5
Plomb total µg/l	2,33	2,00	0,00	2,17	1,00	0,50	0,17	1,17
Plomb dissous µg/l	0,00	0,00	0,00	0,17	0,17	0,00	0,00	0,05
Zinc total µg/l	90,67	2,50	16,00	7,17	10,83	12,00	3,33	31,79
Zinc dissous µg/l	62,50	46,67	8,00	3,67	3,83	4,00	1,17	18,55

2.3. Evolution temporelle des niveaux de contamination par les micropolluants

2.3.1. Eaux de surface courantes

L'évolution temporelle des niveaux de contamination des cours d'eau wallons pour 6 des micropolluants considérés comme les plus problématiques en Région wallonne est présentée dans les graphiques de la Figure 12 ci-dessous. L'évolution des concentrations annuelles (P90) en cadmium, en lindane, en l'atrazine et en HAPs a été évaluée pour l'ensemble des stations communes de la série temporelle 1996-2005¹²⁵ (1998-2005 pour les HAPs et données 2004 manquantes). Ces évolutions sont présentées sous forme de variation, dans le temps, des proportions de stations par classe de concentrations. Pour le glyphosate et les PCBs, les stations communes étaient trop peu nombreuses et l'information est, dans ce cas, présentée sous forme d'évolution des concentrations pour un certain nombre de stations.

Il ressort de l'examen des graphiques de cette figure que la situation s'améliore de manière presque continue depuis 1996 pour le lindane et l'atrazine. Le cas du glyphosate est par contre beaucoup moins positif puisque les concentrations annuelles (P90) sont en continue augmentation depuis 2001. Cette augmentation est particulièrement importante entre 2004 et 2005. La situation des HAPs est très médiocre et ce malgré une légère amélioration observées depuis 2002. Cet état de fait peut toutefois être tempéré car l'évolution du benzo(a)pyrène, un HAP particulièrement toxique faisant partie des 6 de Borneff, est positive. On observe en effet une nette diminution des niveaux de contamination des cours d'eau par ce composé depuis 2002 (Figure 13). La situation médiocre des niveaux de contamination par les 6 HAPs de

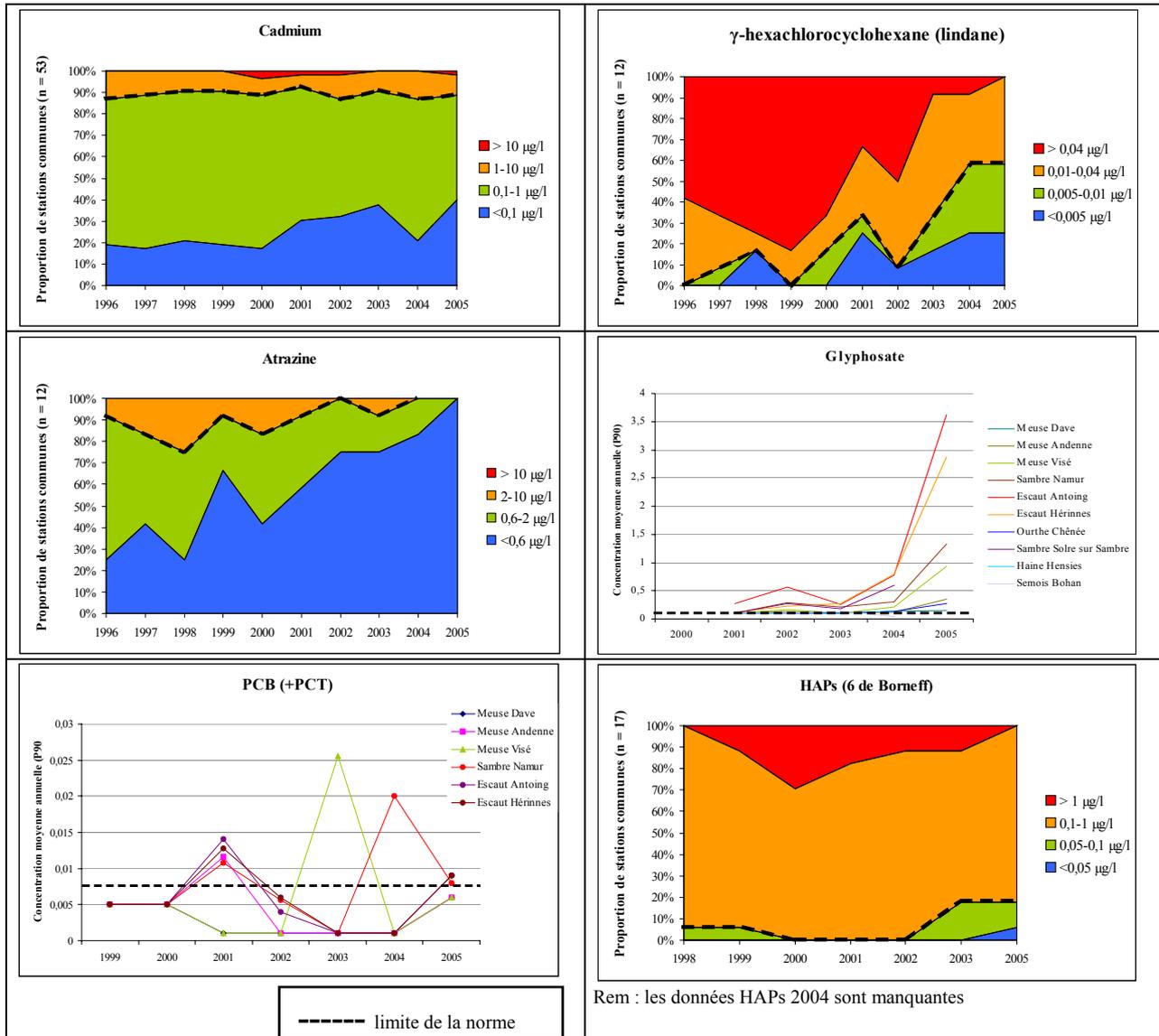
¹²⁴ Les concentrations attribuées au lac de Bütgenbach ne sont pas des moyennes mais des valeurs ponctuelles mesurées en février 2005 (vidange du lac en avril 2004 et remplissage en hiver 2004-2005).

¹²⁵ C'est-à-dire les stations pour lesquelles l'information est disponible sur l'ensemble de la série temporelle.

Borneff est donc causée par l'augmentation des concentrations d'autres congénères moins toxiques que le benzo(a)pyrène.

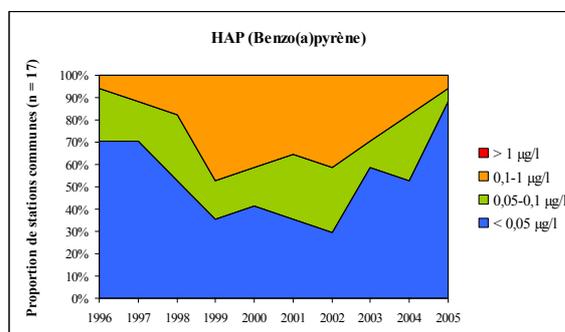
En ce qui concerne les PCBs, aucune tendance ne peut être retirée. Quant au cadmium, sa situation est, contrairement aux cinq autres micropolluants, plus ou moins stable dans le temps.

Figure 12 : Evolution temporelle des niveaux de contamination (P90) des cours d'eau wallons pour 6 des micropolluants considérés comme les plus problématiques en Région wallonne



Sources : MRW-DGRNE-DE-Direction des Eaux de Surface – Base de données AQUAPHYC

Figure 13 : Evolution temporelle des niveaux de contamination (P90) des cours d'eau wallons par un congénère d'HAP particulier : le benzo(a)pyrène



Sources : MRW-DGRNE-DE-Direction des Eaux de Surface – Base de données AQUAPHYC

2.3.2. Eaux de surface stagnantes

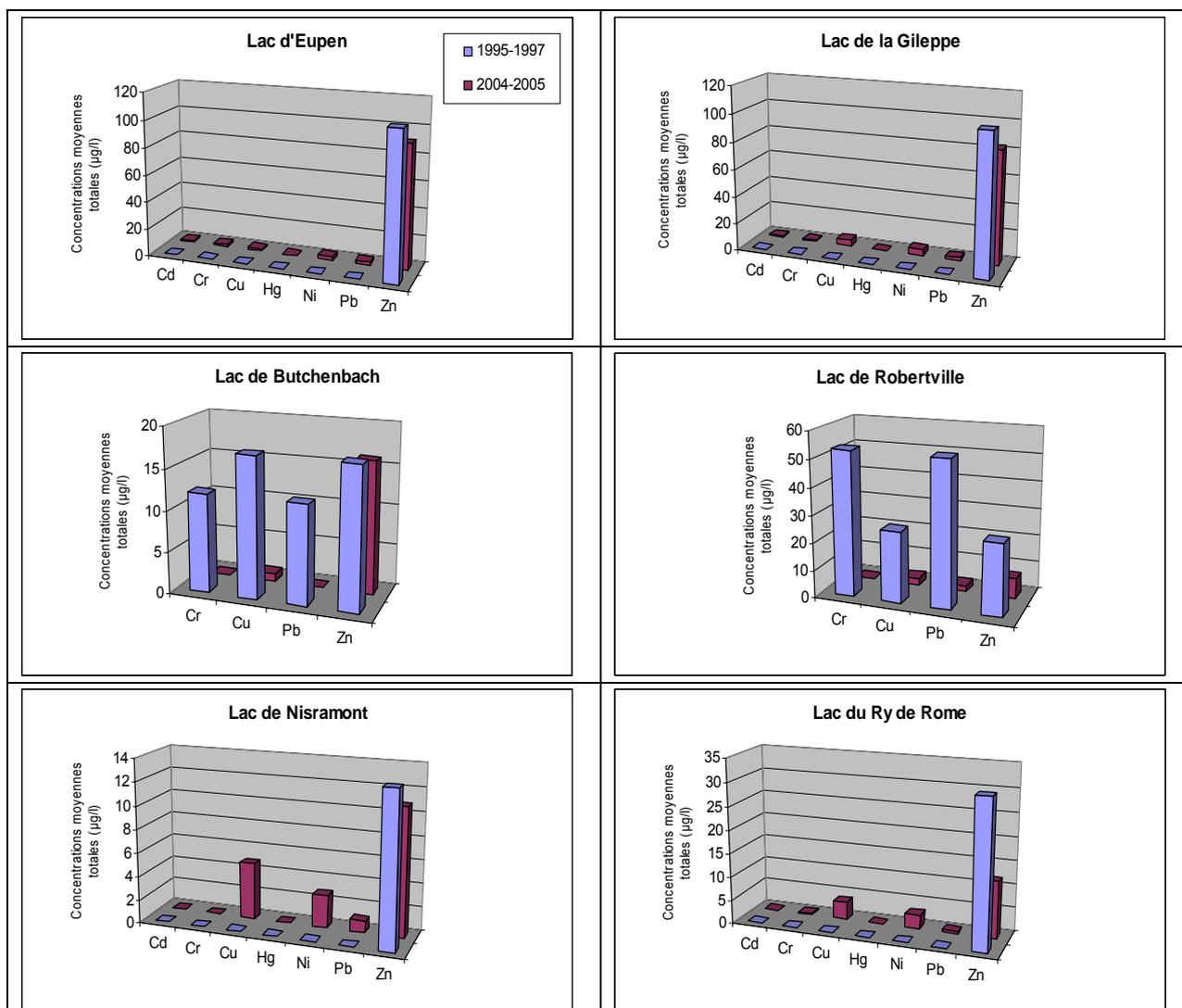
Des concentrations en métaux lourds dans 6 lacs des 7 déjà abordés au point 2.3.2 (vue synoptique) sont disponibles dans le rapport d'une autre convention entre l'ULg et la DGRNE¹²⁶. Ces niveaux de contamination concerne la période 1995-1997 (Tableau 20) et vont donc pouvoir être comparés à ceux de 2004-2005 (Figure 14). D'une manière générale, la comparaison de ces données (exception faite du lac de la Plate Taille pour lequel aucune donnée antérieure à cette étude n'existe) montre une diminution des concentrations en plomb et en zinc. En outre, l'évolution la plus nette est la diminution drastique des niveaux de chrome, de cuivre et de zinc dans les lacs de Bütgenbach et Robertville.

Tableau 20 : Valeurs moyennes des concentrations (totales) en métaux lourds mesurées dans 6 lacs wallons entre 1995 et 1999 (µg/l)

	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Lac d'Eupen	1,4	0,29	2,2	0,0	2,7	4,7	107
Lac de la Gileppe	1,3	0,31	1,3	0,0	2,1	2,5	102
Lac de Bütgenbach	-	12	17	-	-	4,5	89
Lac de Robertville	-	53	26	-	-	3,4	120
Lac de Nisramont	0,2	0,49	1,6	0,0	2,6	1,7	13
Lac du Ry de Rome	0,1	0,38	0,9	0,0	2,7	0,5	31
Moyenne de 6 lacs	1,5	35,33	11,17	0,0	8,5	7,83	77

¹²⁶ THOME J.P., MARNEFFE Y., MASSET F., EVERBECQ E., SMITZ J. (2000). *Calcul des charges critiques des polluants acidifiants pour les eaux de surface en Région wallonne – Ecosystèmes aquatique : réservoirs de barrage et lacs*. Rapport final. Convention Ministère de la Région wallonne (DGRNE)/ULg (CEME). 78 pp.

Figure 14 : Comparaison des concentrations moyennes en métaux lourds ($\mu\text{g/l}$) de 6 lacs wallons entre les périodes 1995-1997 et 2004-2005



2.4. Présentation des normes

2.4.1. Normes « substances dangereuses »

Les normes (ou objectifs de qualité) pour la protection des eaux de surface contre la pollution causée par certaines substances dangereuses sont définies dans l'AGW du 12 septembre 2002. Jusqu'à fin 2004, les valeurs médianes annuelles des concentrations en micropolluants devaient respecter ces normes. À partir du 1er janvier 2005, c'est la valeur annuelle du percentile 90 des concentrations en micropolluants qui doit respecter les normes.

Le Tableau 21 présente les objectifs de qualité des 15 micropolluants considérés comme les plus préoccupants en Région wallonne.

Le cadmium constitue un cas à part : l'AGW du 12 septembre 2002 ne fixe aucun objectif de qualité pour ce micropolluant. Celui-ci étant cependant très fréquent dans les eaux de surface, il était intéressant de pouvoir comparer les niveaux de concentration en cadmium à une norme. Celle utilisée pour calculer les dépassements en Cd (1 µg/l) est la norme établie par l'Arrêté royal du 4 novembre 1987¹²⁷ fixant les normes de qualité de base pour les eaux du réseau hydrographique public.

Tableau 21 : Normes « substances dangereuses » des 15 micropolluants considérés comme les plus préoccupants en eaux de surface en Région wallonne (AGW du 12/09/2002 et AR du 04/11/1987)

Micropolluants organiques	Normes (µg/l)	Micropolluants minéraux	Normes (µg/l)
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Non pesticides : <ul style="list-style-type: none"> 1,2-dichloroéthane 2-amino-4-chlorophénol dichlorométhane PCBs HAPs phosphate de tributyle toluène ▪ Pesticides <ul style="list-style-type: none"> atrazine Isoproturon Hexachlorocyclohexane pyrazon (chloridazon) 	<ul style="list-style-type: none"> 10 0,1 10 0,007 0,1 1 2 2 1 0,01 0,1 	<ul style="list-style-type: none"> chrome plomb zinc cadmium 	<ul style="list-style-type: none"> 50 50 300 1

2.4.2. Normes « eaux piscicoles »

Les normes (ou objectifs de qualité) pour la protection ou l'amélioration de la qualité des eaux douces courantes ou stagnantes dans lesquelles vivent ou pourraient vivre certaines espèces de poissons sont définies dans l'AGW du 15 décembre 1994 (voir point 1.1.2.c.1.4). Les normes ne concernent que 2 micropolluants, le zinc et le cuivre, et s'appliquent à deux types d'eaux piscicoles : les eaux salmonicoles et cyprinicoles (Tableau 22).

Tableau 22 : Normes « eaux piscicoles »

	Zinc (mg/l)	Cuivre (mg/l)
Eaux salmonicoles	0,3	0,04
Eaux cyprinicoles	1	0,04

¹²⁷ Arrêté royal du 4 novembre 1987 fixant les normes de qualité de base pour les eaux du réseau hydrographique public portant adaptation de l'arrêté royal du 3 août 1976 portant le règlement général relatif aux déversements des eaux usées dans les eaux de surface ordinaires, dans les égouts publics, et dans les voies artificielles d'écoulement des eaux pluviales (voir point 1.1.2.c.1.1).

2.5. Evolution des indicateurs environnementaux par rapport aux normes

2.5.1. Normes « substances dangereuses »

Afin de pouvoir suivre l'évolution des niveaux de contamination par rapport aux normes « substances dangereuses », des dépassements ont été calculés pour les 15 substances considérées comme les plus préoccupantes en Région wallonne et ce, pour les années 1994 à 2004. Malgré le fait que nous traitons les données relatives à des niveaux de contamination précédents la campagne de mesure de 2005 (période pour laquelle la valeur médiane annuelle des concentrations devait respecter les normes) nous avons décidé, pour le calcul des dépassements, de baser notre analyse sur les valeurs des percentiles 90 et ce afin d'intégrer les conditions de calcul actuelles (2005-2006).

On considère qu'il y a dépassement de la norme lorsque la valeur du percentile 90 (annuel) des concentrations mesurées à une même station au cours d'une année excède la norme de l'AGW du 12 septembre 2002 (ou de l'A.R. du 4 novembre 1987 pour le cadmium). Les dépassements de norme pour ces 15 substances, présentés sous forme de fréquence annuelle de dépassement¹²⁸, sont compilés dans le Tableau 23.

Tableau 23 : Fréquence annuelle des dépassements de norme pour les 15 substances considérées comme problématiques dans les eaux de surface en Région wallonne (%)

	1,2-dichloroéthane	2-amino-4-chlorophénol	dichlorométhane	PCBs	HAPs	phosphate de tributyle	toluène	atrazine	isoproturon	HCH	pyrazon	chrome	plomb	zinc	cadmium
1994	-	-	-	-	60,7	-	9,1	0	-	-	-	2,8	5,6	5,2	2,7
1995	-	-	-	-	72,4	-	4,5	0	-	-	-	2,8	12,5	7,9	16,6
1996	0	-	-	-	42,8	-	11,4	14,3	-	-	-	1,6	3,2	6,4	15,8
1997	3,1	-	-	-	57,6	100	12,5	5,9	-	-	-	1,5	3	4,7	14,9
1998	12,5	-	-	-	95,6	100	15	22,2	42,8	-	78,5	1,5	3	2,4	10,3
1999	10,7	0	0	0	95,2	6,6	6,2	3,2	35,3	14,3	38,7	1,5	9,1	2,4	11,9
2000	x	0	5,5	5,5	75	15,8	5,5	8,5	23,5	17,38	59,4	2,4	8,3	2,1	11,7
2001	9,7	0	35,3	70,6	100	16,6	51,4	2,8	17,1	1,27	40,6	2,4	1,2	2	9,6
2002	3,2	18,7	0	11,7	100	11,7	14,3	2,9	5,9	31,2	41,9	1,3	2,7	2,2	10,8
2003	8,8	19	0	9,5	52,4	0	7,7	2,5	10,2	4,76	28,9	1,3	0	1,1	9,1
2004	9,4	25	5	5	x	0	2,7	3,9	11,7	10	31,3	0	2,6	1,7	11,7
Générale ¹²⁹	5,9	11,3	7,5	16,8	75,6	9,8	13	6	16,4	25,8	41,5	1,7	4,6	3,3	12,2

- : année pour laquelle la substance considérée n'a pas été recherchée ; x : dépassements non calculés

L'analyse de ce tableau et de sa représentation graphique (Figure 15) révèle que :

- si l'on considère les fréquences générales, la moitié (8 sur 15) des substances considérées comme les plus problématiques présentent une fréquence de dépassement de norme supérieure à 10 %. Parmi elles, les HAPs sont les substances les plus préoccupantes (75 %). Le pyrazon et

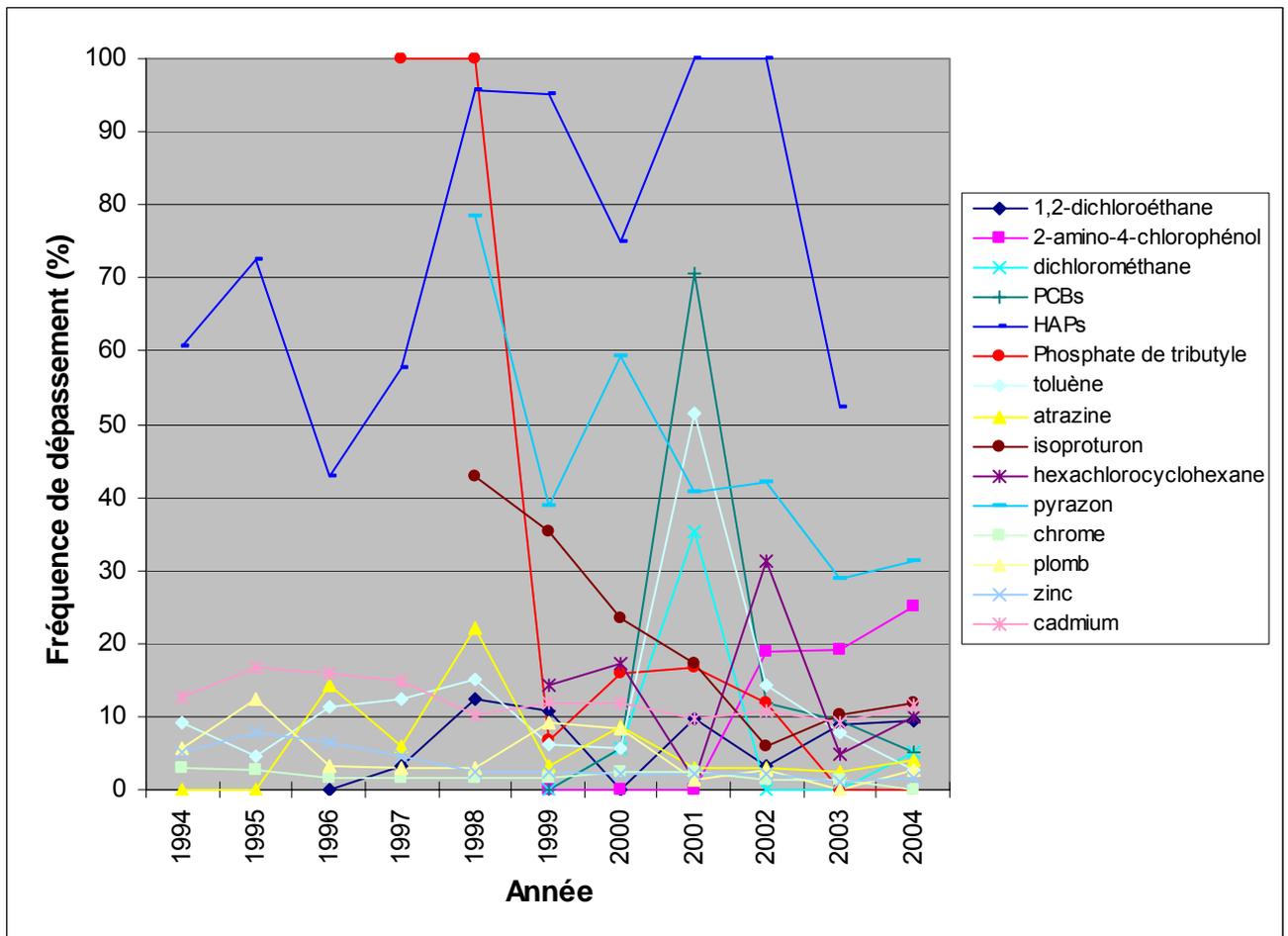
¹²⁸ Les fréquences annuelles de dépassement de norme sont calculées de la manière suivante : (nombre de stations pour lesquelles il y a dépassement de norme/nombre de stations échantillonnées sur l'année)*100.

¹²⁹ (Nombre total de stations pour lesquelles il y a dépassement de norme pour les années X à Y/nombre total de stations échantillonnées pour les années X à Y)*100.

l'hexachlorocyclohexane (HCH) le sont également mais dans une moindre mesure (fréquence > 25 %).

- dans la plupart des cas, les tendances évolutives ne sont pas nettes (Figure 15) et il est difficile de prédire et d'expliquer l'évolution future des niveaux de contamination. Seule l'évolution des fréquences de dépassement de norme pour le chrome et le cadmium semble être plus ou moins constante au cours du temps.

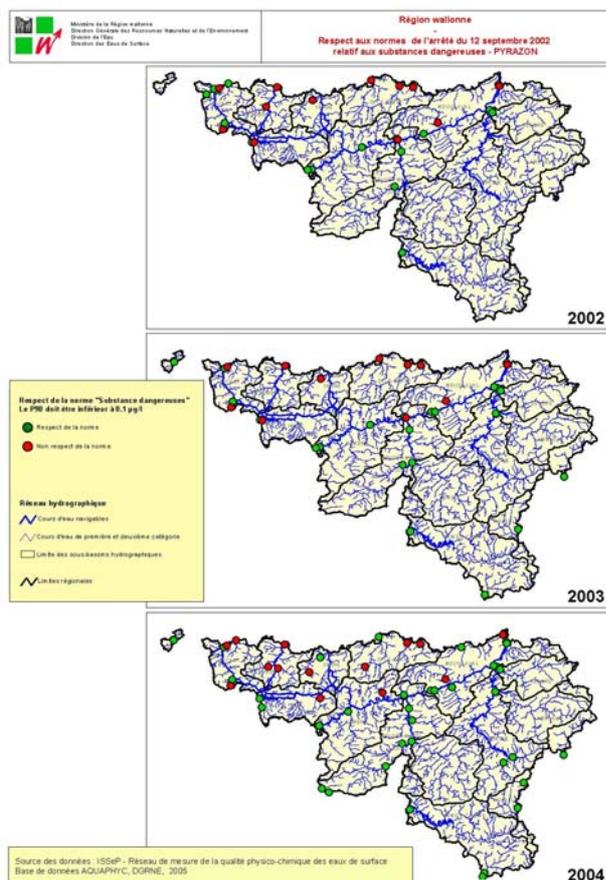
Figure 15 : Evolution temporelle des fréquences de dépassement de norme



La Figure 16 présente, sous forme de cartes, la localisation des dépassements de norme pour le pyrazon en 2002, 2003 et 2004. Ces cartes montrent que les problèmes se rencontrent uniquement au nord du sillon Sambre et Meuse. Cet état de fait n'est pas étonnant puisque la région au nord du sillon Sambre et Meuse correspond aux zones agricoles fertiles.

Cette constatation est également valable pour le lindane et l'atrazine (points rouge et orange de la Figure 11) mais dans une moindre mesure puisque quelques dépassements sont également observés au sud de ce sillon.

Figure 16 : Localisation des dépassements de normes pour le pyrazon en 2002, 2003 et 2004

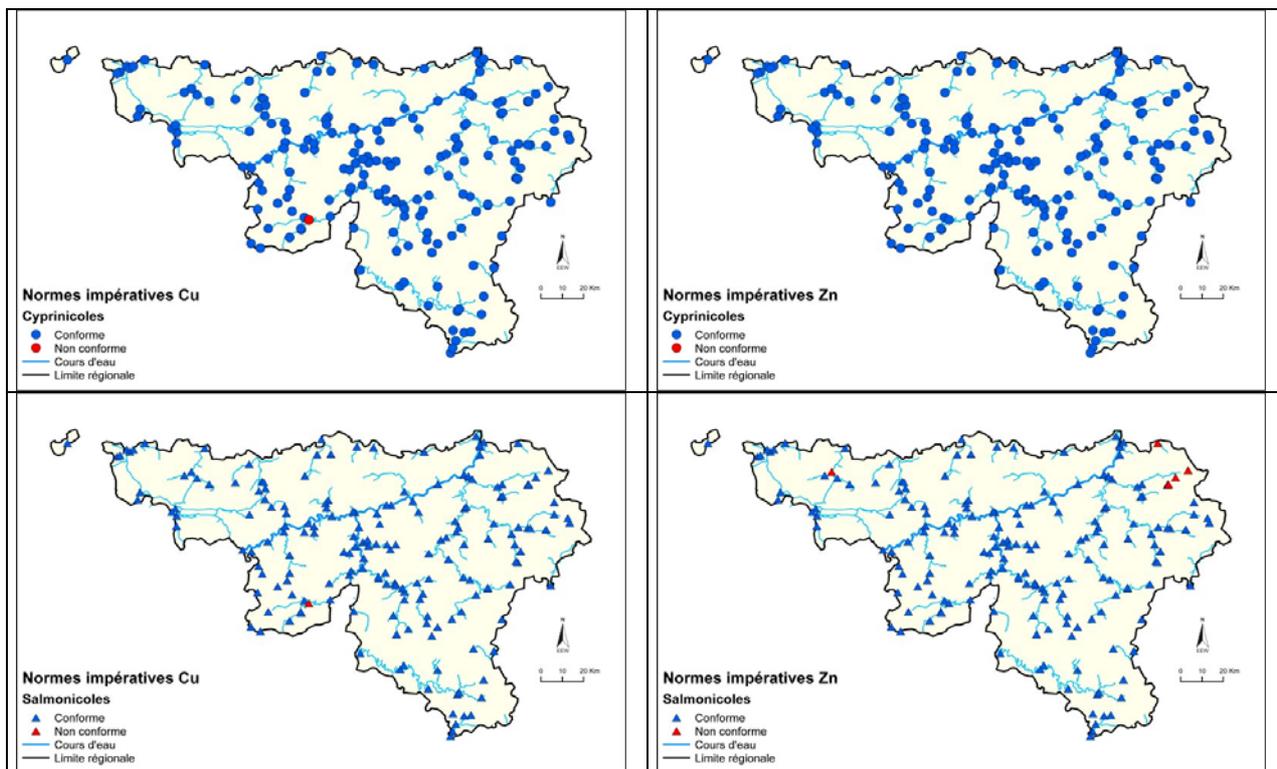


2.5.2. Normes « eaux piscicoles »

La localisation des stations conformes/non conformes aux normes « eaux piscicoles » en 2005 pour le cuivre et le zinc est présentée, sous forme de cartes, à la Figure 17.

L'analyse de ces cartes nous révèle qu'en 2005 il existe très peu de stations non conformes: une pour le cuivre (Eau Noire à Nismes, pour les eaux salmonicoles et cyprinicoles) et 6 pour le zinc (pour les eaux salmonicoles : Dendre à Ath, Gueule à Sippenaeken, Vesdre à Raeren, Helle à Eupen et 2 stations dans la Gileppe à Jalhay).

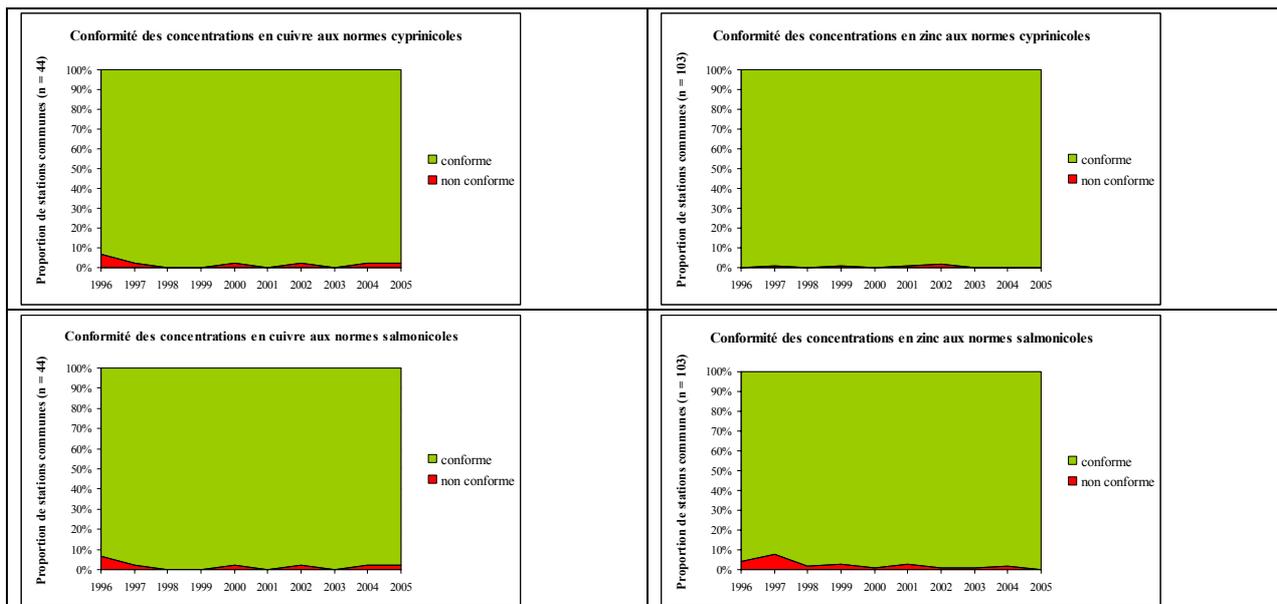
Figure 17 : Conformité des stations échantillonnées en 2005 par rapport aux normes « eaux piscicoles »



Sources : MRW-DGRNE-DE-Direction des Eaux de Surface – Base de données AQUAPHYC

L'évolution des conformités entre 1996 et 2005 est présentée en Figure 18. Le bilan est positif puisque les stations non-conformes ne dépassent jamais les 10 %. On n'observe pas de différence nette de niveau de conformité entre les eaux cyprinicoles et salmonicoles et entre les paramètres « cuivre » et « zinc ».

Figure 18 : Evolution des conformités aux normes « eaux piscicoles »



Sources : MRW-DGRNE-DE-Direction des Eaux de Surface – Base de données AQUAPHYC

3. Facteurs explicatifs de l'état et de l'évolution des niveaux de contamination par les micropolluants

3.1. Contaminations historiques

La production et l'utilisation de certaines substances sont aujourd'hui interdites. Les rejets actuels de ces substances dans l'environnement aquatique devraient donc en théorie être inexistants. Cependant quelques unes de ces substances (e.g. PCBs, atrazine, lindane) sont toujours présentes dans l'environnement (air, eau, sols, organismes). Les niveaux de contamination actuels pour ces micropolluants sont plus que probablement le résultat de pollutions historiques : le temps de rémanence de ces substances étant relativement long, une partie des quantités rejetées dans le passé n'est toujours pas dégradée et se trouve ainsi toujours dans l'environnement à l'heure actuelle (voir point 3.4). Les exemples sont nombreux mais le plus parlant est sans doute celui des PCBs.

Les PCBs ont été décrits pour la première fois en 1881, et leur production au niveau industriel a débuté en 1929. L'utilisation des PCBs à l'échelle industrielle a été motivée par un certain nombre de leurs propriétés physico-chimiques. En effet, leur stabilité thermique, leur résistance à l'oxydation par les acides et les bases et leur faible constante diélectrique en font d'excellents agents isolants. Ils ont donc été largement utilisés dans l'industrie plastique (peintures, vernis, adhésifs, encres d'imprimerie, ...) ainsi que dans l'industrie électrique (condensateurs, transformateurs, ...).

Ce n'est qu'en 1966 que le suédois Jensen découvrit la présence des PCBs dans l'environnement. De nombreuses études furent ensuite réalisées, révélant la dispersion générale de ces composés dans les écosystèmes ainsi que leurs effets nocifs sur les êtres vivants. Suite à ces révélations, l'utilisation des PCBs fut progressivement réglementée. Le Japon, en 1973, fut le premier pays à limiter l'usage de ces produits. En 1979, aux Etats-Unis, leur emploi fut interdit en systèmes ouverts et uniquement autorisé en systèmes clos tels que les transformateurs et les condensateurs. L'Union Européenne suivit en 1985 (Directive 86/467/EC) et toute nouvelle installation utilisant ces composés fut proscrite. Cependant, les PCBs ayant été produits dans l'optique d'une utilisation à long terme, plus de la moitié de la production mondiale totale, soit environ deux millions de tonnes, est encore utilisée actuellement (utilisation actuelle en Région wallonne : voir point 3.3.2 et Annexe 6). Normalement, l'utilisation des PCBs devrait être complètement interdite au sein de l'Union Européenne dès 2010 (Directive 96/59/EC) et au niveau mondial dès 2025 (Traité de Johannesburg, Décembre 2000).

Suite à leur utilisation massive par le passé, les PCBs sont actuellement responsables d'une contamination généralisée de la biosphère. Leur omniprésence dans tous les compartiments des écosystèmes est due à leur faible hydrosolubilité, à leur résistance élevée aux processus de biodégradation et de métabolisation par les organismes contaminés ainsi qu'à leur transport¹³⁰ dans les régions parfois très éloignées des sites d'utilisation.

¹³⁰ Les principaux processus de transfert des PCBs dans l'environnement dépendent de plusieurs phénomènes (Thomé *et al.*, 1992):

- l'adsorption des PCBs sur la matière organique particulaire ;
- le transfert des PCBs de l'eau vers l'atmosphère par évaporation ou co-distillation avec la vapeur d'eau ;
- le dépôt de PCBs à la surface des sols et des milieux aquatiques suite aux précipitations atmosphériques ;
- le transfert dû à la circulation atmosphérique (vent, courants, ...);
- le transfert dû au transport des PCBs dissous et fixés sur la matière organique particulaire dans les rivières et les océans (courants marins) ;
- la sédimentation des PCBs fixés sur la matière particulaire ;
- la bioaccumulation dans les organismes et la bioconcentration dans les chaînes alimentaires.

Nous présentons ici sur un exemple concret de contamination des eaux de surface et des eaux souterraines par les PCBs au niveau d'un site industriel particulier situé en Région wallonne : la centrale hydraulique d'accumulation par pompage de COO Trois-Ponts exploitée par la société Electrabel SA.

La présence d'une pollution à grande échelle par les PCBs au niveau de ce site est principalement liée à des déversements sauvages d'huiles contaminées (principalement durant la construction de la centrale), et à des fuites au niveau des transformateurs. A plusieurs reprises entre 1967 et 1999, des centaines de litres d'huiles contaminées par les PCBs ont été déversés au niveau du bassin inférieur de la centrale. Dès 1994, des prélèvements isolés ont mis en évidence la contamination du site par les PCBs. A partir de 1998, le problème a été analysé à plus grande échelle, de manière plus systématique, et une politique d'analyse de la situation a été mise en place par l'exploitant afin de développer un plan de réhabilitation du site. Le but de ce plan était de déterminer l'étendue de la pollution, le risque encouru par les populations, le risque environnemental, et de situer le problème par rapport aux normes en vigueur. Il convenait donc de caractériser la pollution et les flux de PCBs dans les eaux et d'analyser le risque environnemental encouru. Des investigations physico-chimiques, hydrogéologiques, toxicologiques et microbiologiques ont été menées et ont permis de conclure que la contamination par les PCBs concernait essentiellement les eaux et les sédiments des bassins de retenue d'eau de la centrale. A titre indicatif, le Tableau 24 présente la répartition de la contamination par les PCBs dans les différentes zones du site.

Tableau 24 : Répartition de la contamination par les PCBs au niveau des différents sites analysés à proximité de la centrale hydraulique de COO (1994-2004)

Ensemble	Dénomination	Contamination
Environnement	Rivières	Pas de contamination dans les sédiments et les eaux de surface
	Bassins inférieurs, biefs, digues et drains	Contamination des sédiments de certains biefs et drains, des eaux de surface (bassin, digues et drains) Pas de contamination des piézomètres des digues
	Bassins supérieurs, drains, piézomètres	Contamination des sédiments et des eaux des deux bassins et des eaux de surface des chambres de contrôle
		Pas de contamination des piézomètres du bassin 2
	Eaux souterraines	Pas de contamination des piézomètres Pas de contamination dans les captages d'eau
Centrale	Poste de transformation haute tension	Contamination du sol Pas de contamination des piézomètres du poste
	Poste 70 kV	Pas de contamination du sol
	Piézomètres, galeries et canal d'exhaure	Contamination des eaux industrielles de la galerie de drainage (récupération dans la caverne), des sédiments de l'exhaure.

Notons que le risque pour l'homme est pratiquement nul étant donné que le confinement de la centrale et de ses bassins supérieurs permet de protéger l'environnement extérieur de la centrale et que :

- les études hydrogéologiques ont démontré que la circulation du polluant vers les nappes phréatiques est très peu probable (la contamination par les PCBs reste concentrée dans les 30 premiers centimètres des boues du bassin inférieur) ;
- la baignade et la pêche sont interdites ;
- la faune piscicole est confinée dans le site et ne risque pas de migrer vers la rivière ;
- les rejets d'eau sont contrôlés.

Il subsiste toutefois un certain nombre de risques :

- transport possible des polluants par voie aérienne ;
- risques pour la faune piscicole confinée aux bassins et risque de contamination des oiseaux piscivores ;
- risque d'export de sédiments en cas de vidange d'urgence du bassin inférieur.

Une réhabilitation du site s'avère dès lors nécessaire.

Le cas de la centrale hydraulique de COO Trois-Ponts constitue un exemple où la dispersion de la pollution est relativement réduite dans le sens où les flux d'eau vers l'extérieur du site sont pratiquement nuls. Ce n'est malheureusement pas toujours le cas dans d'autres centrales et sites industriels.

3.2. Bruit de fond pédogéochimique

Dans certaines régions, les concentrations naturelles de métaux lourds dans les roches sont parfois importantes (e.g. Plombières). Un tel bruit de fond, dit pédogéochimique, peut engendrer des contaminations importantes des sols et des eaux (de surface et souterraines). Cette contamination est un phénomène naturel.

Une étude financée par la SPAQuE¹³¹ a été menée en 2001 et 2002 pour établir et cartographier les teneurs bruits de fond en éléments traces métalliques (ETM) et micropolluants organiques (MPO) dans les sols de la Région wallonne¹³² (voir *Pereira et al. 2007. La contamination diffuse des sols par les éléments traces métalliques in : 'Rapport analytique sur l'état de l'environnement wallon 2006-2007, p.494-499*). Cette étude a porté sur les éléments traces métalliques suivants : arsenic, cadmium, cobalt, chrome, cuivre, mercure, nickel, plomb, zinc et sur des micropolluants organiques tels que les HAPs (16 molécules dont les 6 de Borneff), les PCBs (7 congénères de Ballschmieter), les pesticides organochlorés (10 molécules), les hydrocarbures aliphatiques (n-alcane de C9 à C40), les huiles minérales (hydrocarbures apolaires), les cyanures totaux, les solvants halogénés et les HAMs.

Les résultats de cette étude ont montré par exemple que les éléments liés aux teneurs en argile (comme le Ni, le Cr, le Co et le Cu) présentaient des teneurs estimées (par krigeage) les plus élevées dans les sols très argileux (en particulier en Famenne) et des teneurs estimées les plus faibles dans les sols sableux (en région sablo-limoneuse et en Gaume). Les teneurs estimées en Zn et en Cd dans les sols sont quant à elles plus importantes en région liégeoise où étaient anciennement localisées de nombreuses industries de la métallurgie des non-ferreux. Les teneurs les plus importantes en arsenic, qui dépendent essentiellement de la nature de la roche-mère géologique se retrouvent principalement en Haute Ardenne (massif de Stavelot).

3.3. Evolution des émissions

3.3.1. Emissions dans l'eau

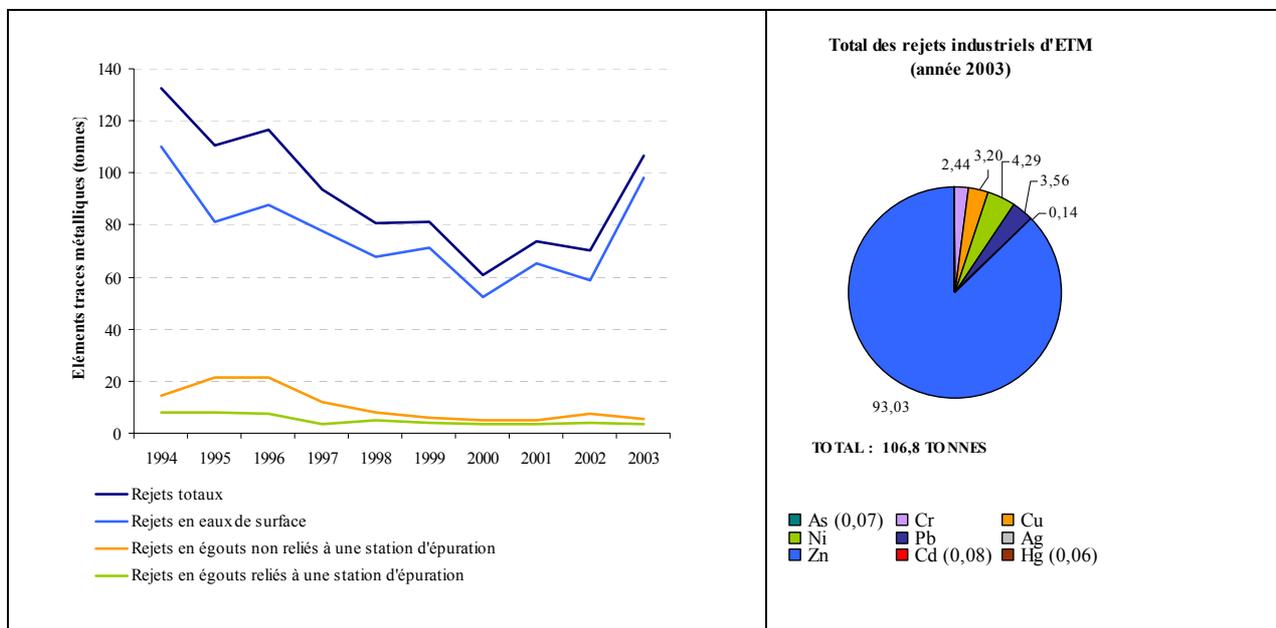
Par rapport aux données de rejets de micropolluants dans les eaux présentées au point 1.2.3, seules celles issues de la taxation des eaux usées industrielles wallonnes nous permettent de visualiser l'évolution

¹³¹ Société Publique d'Aide à la Qualité de l'Environnement.

¹³² Convention d'étude SPAQuE- UCL- FUSAGx dénommée POLLUSOL.

des émissions de métaux lourds dans l'eau de 1994 à 2003 (Figure 19)¹³³. Le programme EPER ne fournit, en effet, des données d'émissions dans l'eau que pour l'année 2001 (voir point 1.2.3.a).

Figure 19 : Rejets de métaux lourds via les eaux usées industrielles en Région wallonne, selon le milieu récepteur et répartition des rejets de métaux lourds en 2003



Source : MRW-DGRNE-DE-Direction de la Taxe et de la Redevance

Le zinc est le métal le plus rejeté via les eaux usées industrielles en Région wallonne. En 2003, il représente ainsi près de 90 % des rejets de métaux lourds.

Entre 1994 et 2003, les charges en métaux lourds ont globalement diminué (Figure 19). On observe cependant une augmentation des rejets totaux et en eaux de surface depuis l'année 2001. En 2003, année pour laquelle l'augmentation est la plus importante, à cause d'une augmentation importante des rejets industriels de zinc (+ 89 % entre 2002 et 2003), les rejets atteignent des niveaux qui n'avaient plus été constatés depuis 1996. Les rejets en égouts raccordés ou non à une station d'épuration sont, quant à eux, plus ou moins constants depuis 1999. On observe cependant, en 2003, une baisse des rejets en égouts non reliés à une station d'épuration de plus de 50 % par rapport à 2002. Ces rejets en égouts ne représentent toutefois qu'une petite partie des rejets, la majorité étant déversés directement en eaux de surface.

Ces courbes cumulatives peuvent cependant masquer l'évolution d'un ou plusieurs métaux en particulier. Ainsi si l'on suit l'évolution individuelle de chacun des quatre métaux lourds considérés comme problématiques en Région wallonne (chrome, plomb, zinc, cadmium) les observations sont différentes (Figure 21) :

- l'évolution des rejets totaux de plomb et de cadmium est moins claire : aucune tendance nette ne peut être retirée.
- la tendance des rejets totaux de chrome est à la baisse (excepté une augmentation en 2000). Cette diminution est beaucoup plus importante que si l'on considère l'ensemble des métaux lourds (Figure 19) et a lieu dès 1995, ce après quoi les rejets restent plus ou moins constants (sauf en 2000).

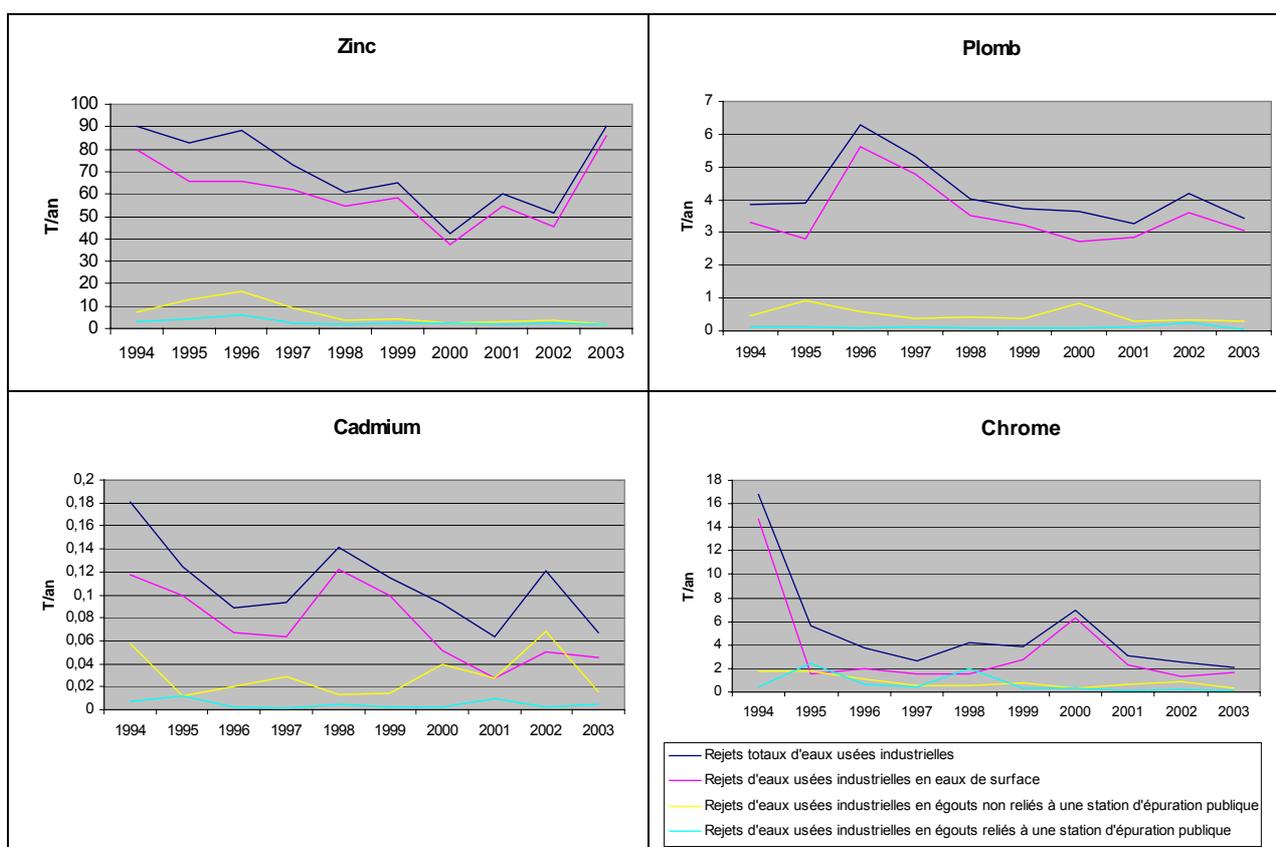
¹³³ Les données pour les années postérieures à 2003 ne sont actuellement pas encore disponibles.

- l'évolution des rejets totaux de zinc, quant à elle suit relativement bien celle des métaux lourds totaux.

Les différents graphiques de la Figure 21 nous indiquent aussi que l'importante augmentation des rejets de métaux lourds totaux observée entre 2002 et 2003 est principalement causée par celle du zinc.

Il est également intéressant de constater que, si pour le zinc, le plomb et le chrome les rejets en égouts non reliés à une station d'épuration suivent plus ou moins la même tendance, c'est-à-dire une constance relative depuis la fin des années 90, pour le cadmium ces rejets sont plutôt en augmentation.

Figure 20 : Evolution des rejets des quatre métaux considérés comme problématique en Région wallonne via les eaux usées industrielles en Région wallonne, selon le milieu récepteur



Source : MRW-DGRNE-DE-Direction de la Taxe et de la Redevance

3.3.2. Emissions dans l'air

Le programme EMEP¹³⁴ met à la disposition du public des données d'émissions atmosphériques pour un certain nombre de micropolluants et ce pour plusieurs années, ce qui permet d'esquisser la tendance évolutive des pressions (Tableau 25). Bien que ces émissions atmosphériques ne concernent pas directement le compartiment aqueux, elles ont cependant un impact sur ce dernier via les dépôts (secs et humides) qu'elles engendrent.

¹³⁴ Cooperative Programme for Monitoring and Evaluation of Long-range Transmission of Air pollutants in Europe.

Tableau 25 : Emissions atmosphériques d'origine anthropique répertoriées par EMEP pour la Belgique

	1970	1975	1980	1985	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Benzo(a)pyrène (t/an)	-	-	-	-	61,1	50,8	40,5	30,3	20,1	9,8	11,6	13,4	15,3	17,1	18,2	18,5	-
Benzo(b)fluoranthène (t/an)	-	-	-	-	45,8	38,1	30,5	22,9	15,2	7,6	8,9	10,2	11,5	12,9	14,2	13,9	-
Benzo(k)fluoranthène (t/an)	29,2	16,7	11,8	11,6	4,4	-	-	-	-	3,3	-	-	-	-	-	-	-
γ-HCH (lindane) (t/an)	21,3	21,3	19,1	23,1	15,4	-	-	-	-	15,9	-	-	-	-	-	-	-
PCBs (t/an)	49,5	40,3	20,4	20,2	1,8	-	-	-	-	1,8	-	-	-	-	-	-	-
Plomb (t/an)	-	-	-	-	535	483	431	378	326	274	244	213	183	153	123	100	110,1
Cadmium (t/an)	-	-	-	-	7,6	7,3	7	6,7	6,4	6,1	5,3	4,6	3,8	3,1	2,3	2,3	2,5

La tendance est clairement à la baisse pour les émissions atmosphériques de plomb et de cadmium (entre 1990 et 2002 : diminution de 80 % et de 67 % respectivement) et un peu moins évidente pour le lindane et les PCBs, étant donné l'absence de données pour ces 10 dernières années. Les émissions d'HAPs diminuent entre 1990 et le milieu des années 1990 (diminution d'un peu plus de 80 % pour le benzo(a)pyrène et le benzo(b)fluoranthène et de 25 % pour le benzo(k)fluoranthène) pour ensuite augmenter jusqu'en 2001 (augmentation de près de 60 % pour le benzo(a)pyrène et le benzo(b)fluoranthène).

Ces évolutions concordent, en général, relativement bien avec l'évolution de la législation visant à réduire et/ou éliminer la production et l'utilisation de ces substances, démontrant ainsi l'efficacité (et la nécessité) de ce genre de mesures.

Ainsi, en ce qui concerne le **plomb**, la législation est de plus en plus stricte. Les principales actions prises à son sujet concernent :

- (i) l'interdiction du plomb dans les peintures (directive 89/677/CEE¹³⁵) ;
- (ii) la réduction progressive de la teneur maximale en plomb dans les essences (la directive 78/611/CEE¹³⁶ imposait une teneur maximale de 400 mg de plomb/l d'essence ; la directive 98/70/CEE¹³⁷ a quant à elle interdit la vente d'essence plombée¹³⁸ à partir de 2000 et imposé une teneur en plomb de maximum 5 mg/l) ;
- (iii) la limitation de l'utilisation du plomb à quelques applications bien définies dans a) les nouveaux équipements électriques et électroniques (dès 2006, directive 2002/95/CE¹³⁹) et b) les matériaux et composants des nouveaux véhicules (directive 2000/53/CE¹⁴⁰).

En ce qui concerne le **cadmium**, en plus du point *iii*) ci-dessus qui lui est également applicable, la directive 91/338/CEE¹⁴¹ interdit son utilisation, ainsi que celle des composés qui contiennent du cadmium, pour la coloration, la stabilisation et le cadmiage de nombreux produits (ces procédés représentent les principales applications du cadmium).

¹³⁵ Directive 89/677/CEE du Conseil, du 21 décembre 1989, portant huitième modification de la directive 76/769/CEE concernant le rapprochement des dispositions législatives, réglementaires et administratives des états membres relatives à la limitation de la mise sur le marché et de l'emploi de certaines substances et préparations dangereuses.

¹³⁶ Directive 78/611/CEE du Conseil, du 29 juin 1978, concernant le rapprochement des législations des États membres relatives à la teneur en plomb de l'essence.

¹³⁷ Directive 98/70/CE du Parlement européen et du Conseil du 13 octobre 1998 concernant la qualité de l'essence et des carburants diesel et modifiant la directive 93/12/CEE du Conseil.

¹³⁸ Par « essence plombée » il faut entendre une essence dont la teneur en plomb ne dépasse pas un certain seuil.

¹³⁹ Directive 2002/95/CE du Parlement européen et du Conseil du 27 janvier 2003 relative à la limitation de l'utilisation de certaines substances dangereuses dans les équipements électriques et électroniques.

¹⁴⁰ Directive 2000/53/CE du Parlement européen et du Conseil du 18 septembre 2000 relative aux véhicules hors d'usage.

¹⁴¹ Directive 91/338/CEE du Conseil du 18 juin 1991 portant dixième modification de la directive 76/769/CEE concernant le rapprochement des dispositions législatives, réglementaires et administratives des États membres relatives à la limitation de la mise sur le marché et de l'emploi de certaines substances et préparations dangereuses.

De plus le recyclage des batteries de démarrage au plomb et des piles et accumulateurs usagés (contenant notamment du plomb et/ou du cadmium) est obligatoire en Région wallonne depuis juin 2002 (AGW du 25 avril 2002¹⁴²).

La production, l'utilisation et l'élimination des **PCBs** sont très strictement réglementées. En effet, leurs autorisations d'utilisation sont de plus en plus restreintes et l'objectif est d'atteindre une interdiction totale de leur utilisation et l'élimination des appareils existants d'ici 2010 au niveau européen (directive 76/769/CEE¹⁴³ et modifications et directive 96/59/CE¹⁴⁴) et d'ici 2025 au niveau mondial (Convention de Stockholm). L'AGW du 25 mars 1999¹⁴⁵ transpose en droit régional la directive européenne 96/59/CE. Il définit le programme d'élimination des appareils contenant des PCB/PCT et impose :

- l'élimination avant le 31 décembre 2001 des appareils contenant des PCB/PCT dont l'année de fabrication était inconnue ou antérieure à 1972 ;
- l'élimination avant le 31 décembre 2005, sauf dérogation ministérielle¹⁴⁶, des appareils dont le volume de PCB/PCT est supérieur à 1 dm³ ;
- l'élimination en fin de vie et au plus tard le 31 décembre 2010 des appareils dont le volume de PCB/PCT est inférieur ou égal à 1 dm³.

L'Office wallon des déchets tient la base de données reprenant l'inventaire¹⁴⁷ des appareils contenant des PCB/PCT présents sur le territoire de la Région wallonne. De plus, l'AERW du 9 avril 1992¹⁴⁸ oblige que les objets et appareils qui contiennent des PCBs/PCTs soient remis à une personne ou un organisme agréé pour en faire la collecte.

Les émissions d'**HAPs**, produits involontairement lors de la combustion de différents produits (carburants, déchets ménagers, bois,...), sont difficiles à quantifier et à contrôler. Ces composés se retrouvent dès lors de manière non intentionnelle dans de nombreux matériaux (e.g. goudron, bitume, créosote). Cependant, la teneur en HAPs dans certains produits est réglementée. Le diesel, par exemple, ne peut pas contenir plus de 11% en poids d'HAPs (directive 2003/17/CE¹⁴⁹) et les dérivés de goudron de houille (e.g. créosote) peuvent uniquement être utilisés pour le traitement du bois¹⁵⁰ s'ils contiennent moins de 50 mg/kg de benzo(a)pyrène (directive 2001/90/CE¹⁵¹). Ces limitations n'expliquent toutefois pas pourquoi les émissions d'HAPs sont en continuelle augmentation depuis le milieu des années 1990 (ce qui se reflète également sur les dépassements de la norme « substances dangereuses », voir point 2.5.1).

¹⁴² Arrêté du Gouvernement wallon du 25 avril 2002 instaurant une obligation de reprise de certains déchets en vue de leur valorisation ou de leur gestion

¹⁴³ Directive 76/769/CEE du Conseil, du 27 juillet 1976, concernant le rapprochement des dispositions législatives, réglementaires et administratives des États membres relatives à la limitation de la mise sur le marché et de l'emploi de certaines substances et préparations dangereuses

¹⁴⁴ Directive 96/59/CE du Conseil du 16 septembre 1996 concernant l'élimination des polychlorobiphényles et des polychloroterphényles (PCB et PCT)

¹⁴⁵ Arrêté du Gouvernement wallon du 25 mars 1999 relatif à l'élimination des polychlorobiphényles et des polychloroterphényles

¹⁴⁶ Les demandes de dérogation devaient être introduites avant le 31 décembre 2000. Aucune nouvelle dérogation ne peut être aujourd'hui accordée.

¹⁴⁷ Une version simplifiée de l'inventaire est présentée en Annexe 6 et des graphiques illustrant l'évolution de l'élimination des appareils contenant des PCBs en Annexe 7.

¹⁴⁸ Arrêté de l'Exécutif régional wallon du 9 avril 1992 relatif aux polychlorobiphényles et aux polychloroterphényles

¹⁴⁹ Directive 2003/17/CE du Parlement européen et du Conseil du 3 mars 2003 modifiant la directive 98/70/CE concernant la qualité de l'essence et des carburants diesel

¹⁵⁰ Et ce, exclusivement si cela est effectué dans des installations industrielles ou par des utilisateurs professionnels. Le bois ainsi traité est limité à certaines utilisations.

¹⁵¹ Directive 2001/90/CE de la Commission du 26 octobre 2001 portant septième adaptation au progrès technique (créosote) de l'annexe I de la directive 76/769/CEE du Conseil concernant le rapprochement des dispositions législatives, réglementaires et administratives des États membres relatives à la limitation de la mise sur le marché et de l'emploi de certaines substances et préparations dangereuses

Les augmentations observées pourraient notamment s'expliquer par les pressions exercées par l'explosion démographique et l'accroissement du secteur des transports. Ainsi la population belge est passée de 9,95 millions d'habitants en 1990 à 10,44 millions en 2005¹⁵², soit une augmentation de près de 5 % en 15 ans. Cette croissance démographique s'accompagne, entre autre, d'une augmentation des besoins en chauffage et de la production de déchets ménagers (et donc d'une augmentation des gaz issus de leur combustion).

Le secteur des transports est lui aussi en pleine expansion : i) le parc automobile (voitures et motos) a augmenté de 15 % entre 1995 et 2004 et ii) le transport des marchandises (routes, trains et voies fluviales) a augmenté de 17 % pour la même période¹⁵³. Le transport aérien connaît lui aussi une forte augmentation : les quantités de fret transportées par l'aéroport de Liège-Bierset ont été multipliées par 50 depuis 1996 et le nombre de passagers transitant par celui de Charleroi Bruxelles-Sud a été multiplié par 25¹⁵⁴.

En ce qui concerne le **lindane**, les données d'émissions ne sont pas disponibles pour les années postérieures à 1995 mais son utilisation étant interdite dans les produits phytopharmaceutiques depuis 2001 (directive 91/414/CEE¹⁵⁵) la présence du lindane dans l'environnement aquatique devraient être de plus en plus réduite. C'est en effet ce qui est constaté en Région wallonne (voir Figure 12, page 46). Cette interdiction se reflète également sur les dépassements. En effet, leurs fréquences sont passées de 72 % en 2000 à 31 % en 2002 et à 10 % en 2004 (Figure 15 et Tableau 23, page 50). L'augmentation observée l'année d'après (30 % de dépassement en 2005, voir Figure 11 page 44) est par contre tout à fait inattendue et est peut-être due à l'utilisation illégale d'anciens stocks.

3.3.3. Utilisation des pesticides

En ce qui concerne l'évolution du niveau d'utilisation des pesticides en Région wallonne, l'étude réalisée par le CERVA¹⁵⁶, déjà abordée au point 1.2.3.a, propose des estimations pour les années 1995, 2000 et 2003 (Tableau 26). L'analyse de ces différentes estimations révèle que seuls les apports de pesticides totaux varient fortement d'une année à l'autre (diminution de 11 % entre 2000 et 2003). Les distributions d'utilisation des pesticides selon l'utilisateur, le type de pesticide, la région agricole, le type de culture et les sous-bassins hydrographiques restent relativement constantes durant la période étudiée.

¹⁵² ECODATA, Service public fédéral Economie, PME, Classes moyennes et Energies.

¹⁵³ Tableau de bord de l'environnement wallon 2005 – Ministère de la Région wallonne (DGRNE).

¹⁵⁴ Tableau de bord de l'environnement wallon 2005 – Ministère de la Région wallonne (DGRNE).

¹⁵⁵ Directive 91/414/CEE du Conseil, du 15 juillet 1991, concernant la mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques.

¹⁵⁶ PISSARD A., VAN BOL V., PINEROS GARCET J.D., HARCZ P., PUSSEMIER L. (Centre d'Etude et de Recherches Vétérinaires et Agronomiques, 2005). *Calcul d'indicateurs de risques liés à l'utilisation de produits phytosanitaires. Etude préliminaire : détermination du niveau d'utilisation de pesticides en Région wallonne*. 47 pp.

Tableau 26 : Résultats de l'étude CERVA concernant les niveaux d'utilisation des pesticides en Région wallonne

	1995	2000	2003
Répartition de l'utilisation des pesticides en Belgique selon l'utilisateur	Agriculture : 48 % jardins : 36 % communes : 2 % chemins de fer : 0,3 % usage non identifiable avec une précision satisfaisante (UNIPS) : 14 %	Agriculture : 54 % jardins : 31 % communes : 2 % chemins de fer : 0,5 % usage non identifiable avec une précision satisfaisante (UNIPS) : 13 %	Agriculture : 51 % jardins : 33 % communes : 2 % chemins de fer : 0,5 % usage non identifiable avec une précision satisfaisante (UNIPS) : 14 %
Apports agricoles de pesticides en Région wallonne (tonne)	1660	1695	1508
Distribution de l'utilisation des pesticides en Région wallonne selon le type de pesticides	fongicides : 38,8% herbicides : 56% insecticides : 2,6% désinfectants du sol : 2,5%	fongicides : 47% herbicides : 48,1% insecticides : 3% désinfectants du sol : 1,8%	fongicides : 42,3% herbicides : 51,4% insecticides : 2,9% désinfectants du sol : 3,3%
Distribution de l'utilisation des pesticides dans les 3 régions agricoles wallonnes les plus exigeantes	Limoneuse : 62,5% Condroz : 15,9% Sablo-limoneuse : 11,4%	Limoneuse : 62,2% Condroz : 15,9% Sablo-limoneuse : 11,7%	Limoneuse : 62,4% Condroz : 16% Sablo-limoneuse : 11,3%
Distribution de l'utilisation des pesticides pour les 3 cultures les plus exigeantes en Région wallonne	potomme de terre : 28,1% betterave sucrière : 20,1% froment : 20,7%	potomme de terre : 37,5% betterave sucrière : 16,4% froment : 16,6%	potomme de terre : 34,7% betterave sucrière : 17,8% froment : 17%
Distribution de l'utilisation des pesticides dans les sous-bassins hydrographiques wallons	Meuse aval : 19,2% Escaut-Lys : 15,2% Dyle-Gette : 13,8% Sambre : 13,7% Dendre : 11,3% Haine : 8,3% Senne : 6,7% Meuse amont et Oise : 4,6% Ourthe : 2,5% Semois-Chiers : 1,5% Lesse : 1,4% Moselle : 0,7% Amblève : 0,4% Vesdre : 0,4%	Meuse aval : 18,3% Escaut-Lys : 14,9% Dyle-Gette : 13,3% Sambre : 14% Dendre : 12,1% Haine : 8,7% Senne : 6,9% Meuse amont et Oise : 4,8% Ourthe : 2,3% Semois-Chiers : 1,5% Lesse : 1,5% Moselle : 0,6% Amblève : 0,5% Vesdre : 0,4%	Meuse aval : 18,6% Escaut-Lys : 14,1% Dyle-Gette : 13% Sambre : 14,5% Dendre : 12% Haine : 8,7% Senne : 7% Meuse amont et Oise : 4,6% Ourthe : 2,4% Semois-Chiers : 1,5% Lesse : 1,6% Moselle : 0,7% Amblève : 0,5% Vesdre : 0,5%

Cette étude a également montré que les doses d'application de pesticides par culture pour 2000 et 2003 sont généralement inférieures à celles de 1995. Cette diminution peut s'expliquer par l'emploi d'autres pesticides (qui nécessitent de plus faibles doses) et/ou par la réduction de l'emploi de pesticides dans le contexte de la lutte intégrée¹⁵⁷ qui favorise l'utilisation de méthodes alternatives de lutte contre les

¹⁵⁷ La lutte intégrée est une stratégie qui utilise une combinaison de méthodes de lutte antiparasitaire et qui ne repose pas uniquement sur les pesticides chimiques. Elle comporte des moyens de lutte biologique et culturale, des techniques de prévision, etc. Les stratégies de lutte intégrée sont personnalisées selon les besoins et les exigences des particularités locales. Elles comportent l'utilisation de matériaux et de méthodes qui sont i) les moins perturbantes dans les luttes naturelles, ii) les moins dangereuses pour la santé humaine, iii) les moins toxiques pour les organismes non ciblés, iv) les moins dommageables pour l'environnement général, v) les plus susceptibles d'entraîner une réduction à long terme des organismes nuisibles, vi) les plus faciles à réaliser avec efficacité et vii) les plus rentables à court et long terme.

ravageurs. Il faut cependant noter que cette diminution n'est que quantitative (basée sur les quantités appliquées) et qu'elle ne prend pas en compte la toxicité des produits utilisés.

3.4. Cycle de vie dans l'environnement des micropolluants considérés comme problématiques en Région wallonne¹⁵⁸

	Comportement			Persistence (temps de demi-vie)			Bioaccumulation
	Eau	Sol	Air	Eau	Sol	Air	
1,2-dichloroéthane	- soluble - volatilisation importante	très mobile dans tout type de sol	très volatil (95 % se trouve dans ce compartiment)	4 h (volatilisation)	-	63 j (photolyse indirecte)	faible
2-amino-4-chlorophénol	- faiblement soluble	-	non volatil	-	-	-	faible
Dichlorométhane	- soluble - volatilisation importante	très mobile	très volatil	1 h (volatilisation)	-	119 j (photolyse indirecte)	faible
PCBs	- faiblement soluble (↘ avec le nombre d'atome de chlore) - forte adsorption aux sédiments et matières en suspension (↗ avec le nombre de chlore)	faiblement mobile (↘ avec le nombre d'atomes de chlore)	volatilisation ↘ avec le nombre d'atomes de chlore	persistance ↗ avec le nombre d'atomes de chlore. Les biphenyles mono-, di- et trichlorés sont biodégradés relativement rapidement, les tétrachlorés (Aroclors 1242 et 1248) sont biodégradés lentement et les biphenyles plus chlorés (Aroclors 1254 et 1260) sont résistants à la biodégradation.			importante (↗ avec le nombre d'atomes de chlore)
HAPs (6 de Borneff)	- faiblement solubles - adsorption aux sédiments et aux matières en suspension	mobilité faible	volatilisation ↘ avec le nombre de cycle	persistance ↗ avec le nombre de cycle			importante
				variation importante selon le composé		généralement <30 j	
Phosphate de tributyle	- faiblement soluble - adsorption aux sédiments (99% dans ce compartiment) et aux matières en suspension	faiblement mobile dans sols vaseux et argileux et moyennent dans sols sableux	présent sous forme vapeur	-	-	5 h (photolyse indirecte)	faible chez les poissons
				facilement biodégradé par les microorganismes			
Toluène	- faiblement soluble - volatilisation importante	moyennement mobile	très volatil (99 % se trouve dans ce compartiment)	- volatilisation : 1 h - biodégradation : 4j (aérobie) et 56j (anaérobie)	quelques heures à 2-3 mois (biodégradation)	2 j (photolyse indirecte)	faible
Atrazine	- faiblement soluble - volatilisation faible	- moyennement mobile ¹⁵⁹ - Volatilisation faible	non volatil (présents sous forme particulaire)	très rémanent (dégradation biologique et abiotique très lente)			faible
				-	jusqu'à 57 semaines (biodégradation)	-	
Isoproturon	- faiblement soluble - volatilisation faible	faiblement mobile	non volatil	40 j	6-28 j (↗ 3 fois en sols sableux et de 10 fois en sols humifères)	-	faible
HCH	- faiblement soluble - volatilisation faible	- mobilité faible - volatilisation	présent sous forme particulaire et de	- dégradation abiotique non significative - biodégradation significative (pour le lindane temps de demi-vie de 3-30 j)			- moyenne chez les organismes

¹⁵⁸ Les données présentées dans ce tableau proviennent de la compilation de diverses sources bibliographique (IUCLID, INERIS, INRS, ATSDR, HSDB)

¹⁵⁹ Les concentrations en atrazine dans les eaux souterraines ne sont cependant pas négligeables, surtout au niveau de son métabolite, la déséthylatrazine qui est plus mobile dans les sols.

		importante	vapeur (moyennement volatil)				aquatiques - faible chez les organismes terrestres et les plantes
Pyrazon	- moyennement soluble - volatilisation faible - 92 % dans ce compartiment	- mobilité faible - Volatilisation faible	peu volatil	1-2 mois (photolyse)	Quelques semaines (biodégradation)	quelques heures (photolyse indirecte)	faible
Chrome	- élémentaire : insoluble - composés : généralement fortement soluble (oxyde insoluble) - majorité dans les sédiments	majoritairement présent sous forme insoluble (oxyde) et mobilité donc faible	non volatil	non concerné ¹⁶⁰ rem : dans l'atmosphère les particules de chrome peuvent persister jusqu'à 10 ans et voyager ainsi sur de longues distances			- poisson : nulle (Cr VI) ou faible (Cr III) - autres organismes aquatiques : moyenne
Plomb	- élémentaire : insoluble - composés : en général insoluble ou peu solubles (acétates fortement solubles) - adsorption importante à la matière organique et aux argiles	mobilité faible	- élémentaire et composés inorganiques : non volatil - composés organiques : volatil	non concerné			moyenne
Zinc	- élémentaire : insoluble - composés : solubilité varie selon leur nature	mobilité faible	non volatil	non concerné			moyenne
Cadmium	- élémentaire : insoluble - composés : solubilité varie selon leur nature - adsorption importante aux sédiments	mobilité moyenne (fonction du pH et du contenu en matière organique)	non volatil	non concerné			importante

- : pas de donnée
↗ : augmentation
↘ : diminution

Remarque importante : le temps de rémanence de certaines de ces substances est suffisamment long que pour pouvoir poser des problèmes à long terme malgré une diminution ou un arrêt de leurs rejets (on aurait alors affaire à un cas de pollution historique).

¹⁶⁰ Le chrome, tout comme tous métaux, est un élément minéral qui ne peut être dégradé et qui présente donc une « rémanence infinie ». Il peut par contre subir des oxydations/réductions (changement d'état d'oxydation).

4. Impacts de la contamination des eaux par les micropolluants

4.1. Impact environnemental de certains micropolluants sur la faune aquatique wallonne (aptitude de l'eau à la biologie)

4.1.1. Systèmes d'évaluation de la qualité écologique de l'eau

La qualité biologique de l'eau peut être évaluée par monitoring biologique soit en utilisant des tests biologiques purement expérimentaux (tests écotoxicologiques, tests de bioaccumulation, de biodégradation, d'eutrophisation, ...), soit en utilisant des indicateurs biologiques (bioindicateurs) basés sur l'analyse de communautés et sur des observations *in situ* (e.g. changement de la structure des communautés, présence/absence d'espèces indicatrices caractéristiques d'un certain degré de pollution). Les bioindicateurs peuvent appartenir à de nombreux groupes d'organismes (bactéries, champignons, algues, protozoaires, rotifères, cladocères, copépodes, macrophytes, insectes, crustacés, mollusques, annélides, poissons, ...).

Les résultats obtenus peuvent ensuite être utilisés pour calculer des indices de la qualité biologique de l'eau. Trois catégories d'indices peuvent être distinguées.

- Les **indices saprobiques**, basés sur des taxons indicateurs correspondant à différentes catégories de qualité d'eau.
- Les **indices de diversité**, basés sur la diversité des taxons comme mesure de la dégradation ou de la dérive par rapport à une situation naturelle de référence.
- Les **indices biotiques ou biocénotiques**, combinant taxons indicateurs et diversité.

Les bioindicateurs les plus communément utilisés en milieu lotique sont les diatomées (indices diatomiques) et les macroinvertébrés (indices biotiques). Les macroinvertébrés répondent en effet aux stress hydraulique, organique et chimique par une réduction du nombre d'espèces tolérantes, et ils constituent donc de bons indicateurs de la pollution environnementale en eau courante. De nombreuses méthodes de détermination d'indices biotiques basées sur des macroinvertébrés ont été développées. Les plus connues sont certainement le BMWP(1978)/ASPT¹⁶¹ en Angleterre, l'IBGN¹⁶² en France, l'EBI¹⁶³ en Italie et le BBI¹⁶⁴ en Belgique. En Région wallonne, la méthode de calcul utilisée est l'IBGN (Indice Biologique Global Normalisé) pour les cours d'eau non canalisés et l'IBGA (Indice Biologique Global Adapté aux grands cours d'eau et aux rivières profondes) pour les cours d'eau canalisés.

4.1.2. Outils d'évaluation des impacts dans les eaux de surface: les biomarqueurs d'exposition

L'environnement aquatique est contaminé par une telle quantité d'agents polluants différents qu'il est impossible de vouloir en dresser un inventaire exhaustif. L'une des démarches qui permettrait la détection simultanée de nombreuses substances est le développement d'outils basés sur la prédiction des

¹⁶¹ BMWP/ASPT = *Biological Monitoring Working Party/Average Score Per Taxon*.

¹⁶² IBGN = *Indice Biologique Global Normalisé*.

¹⁶³ EBI = *Indice Biotique Elargi*.

¹⁶⁴ BBI = *Belgian Biotic Index*.

effets toxiques, sur les organismes, des substances susceptibles de contaminer le milieu. Les biomarqueurs constituent un de ces outils.

Un **biomarqueur** est un changement dans une réponse biologique qui peut être mis en relation avec l'exposition à une ou plusieurs substances chimiques, ou avec les effets toxiques causés par celle(s)-ci. Le terme « réponse biologique » doit être considéré dans son acceptation la plus large, depuis le niveau d'une réponse physiologique ou biochimique sub-individuelle jusqu'à celui de la modification de structure de l'écosystème entier, en passant par le niveau de modifications comportementales d'une population¹⁶⁵.

Trois types de biomarqueurs peuvent être distingués : les biomarqueurs d'exposition, les biomarqueurs d'effet et les biomarqueurs de sensibilité. Les **biomarqueurs d'exposition** indiquent la présence dans l'organisme d'une substance exogène (ou de ses métabolites) ou d'un produit résultant de l'interaction entre un xénobiotique et une molécule cible. Il devient alors possible d'établir un lien entre le degré d'exposition et le niveau de la réponse engendrée. Les **biomarqueurs d'effet** sont des altérations au niveau biochimique, physiologique ou autre, mesurables dans les tissus ou fluides corporels de l'organisme et qui peuvent être corrélés avec une altération de la santé. Les biomarqueurs d'exposition sont donc principalement utilisés pour détecter et confirmer l'exposition d'individus à un ou plusieurs xénobiotiques, alors que les biomarqueurs d'effet servent, quant à eux, à montrer des altérations pré-cliniques et/ou des effets nocifs pour la santé dus à l'exposition à un xénobiotique ou à son absorption. Les **biomarqueurs de sensibilité** montrent la capacité de l'organisme à répondre à une exposition à un xénobiotique spécifique. Cette classe de biomarqueurs aide donc à élucider les variations inter-individuelles du niveau de réponse à l'exposition à un toxique au sein d'une population¹⁶⁶.

Enfin, pour qu'un biomarqueur soit considéré comme valide et utilisé dans le cadre de programmes de biomonitoring, il doit satisfaire à un certain nombre de conditions¹⁶⁷ :

- Le biomarqueur doit être relié de façon causale à des effets au niveau populationnel ou écologique ;
- La réponse du biomarqueur au toxique doit être proportionnelle à la quantité de la substance toxique considérée présente dans le milieu (réponse dose-dépendante) ;
- Le biomarqueur doit être validé sur le terrain ;
- La réponse doit être spécifique et indépendante de sources de variabilité non liées à la substance toxique considérée ;
- Le biomarqueur doit être sensible et être appliqué sur de larges échelles de temps et d'espace ;
- Le biomarqueur doit être une mesure d'une réponse représentative d'un processus biologique important ;
- Le biomarqueur doit être facile à mesurer et si possible à faible coût.

Une liste non exhaustive des biomarqueurs utilisés en écotoxicologie est présentée dans le Tableau 27.

¹⁶⁵ PEAKALL, D. (1994). *Biomarkers. The way forward in environmental assessment*. Toxicol. Ecotox. News, 1 (2): 55-60.

¹⁶⁶ VAN DER OOST R., BEYER J. & VERMEULEN N.P.E. (2003). *Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment : a review*. Environmental Toxicology and Pharmacology, 13: 57-149.

¹⁶⁷ HYNE R.V. & MAHER W.A. (2003). *Invertebrate Biomarkers : Links to Toxicosis that Predict Population Decline*. Ecotoxicology and Environmental Safety, 54: 366-374.

Tableau 27 : Biomarqueurs classés en fonction de leur spécificité décroissante vis-à-vis des polluants¹⁶⁸

Biomarqueurs	Polluants	Commentaires sur les procédures analytiques
Inhibition de l'ALAD (Aminolevulinic Dehydratase)	Plomb	Suffisamment efficace pour remplacer les analyses chimiques
Induction des métallothionéines	Cadmium	Plus difficile à mesurer que les concentrations de cadmium
Amincissement des coquilles d'œufs	DDT, DDE, Dicofol	Se mesure facilement
Inhibition de l'acétylcholinestérase	Organophosphorés, carbamates	Plus facile et plus efficace que les analyses chimiques
Protéines anticoagulantes	Rodenticides	Complexité des mesures comparable aux analyses chimiques
Induction des monoxygénases (EROD, ...)	Organochlorés, HAPs	Plus facilement mesurable que l'analyse chimique
Figures de porphyrine	Plusieurs organochlorés	Identification par chromatographie liquide à haute pression bien développée
Figures de rétinol	Organochlorés	Variations naturelles considérables, proportions plus fiables que les valeurs absolues
Adduits à l'ADN et à l'hémoglobine	La plupart des HAPs	Plusieurs tests efficaces mais compliqués par les mécanismes de réparation
Autres enzymes sériques	Métaux lourds, organochlorés, HAPs	Plusieurs systèmes enzymatiques ont été étudiés
Protéines de stress	Métaux lourds, organochlorés	Une grande variété de protéines de stress a été étudiée (HSPs ¹⁶⁹ , ...)
Réponses immunologiques	Métaux lourds, organochlorés, HAPs	Plusieurs tests différents sont efficaces

Plusieurs biomarqueurs sont actuellement utilisés ou en cours de validation en Région wallonne. Dans les sous-chapitres suivants, nous détaillerons l'exemple du biomarqueur d'exposition EROD, puis nous dresserons une liste des autres biomarqueurs envisagés en Wallonie.

4.1.3. Application du biomarqueur EROD aux sous-bassins hydrographiques de la Région wallonne

L'éthoxyrésoruffine-O-dééthylase (EROD) est une enzyme appartenant à la famille 1A1 des monoxygénases à cytochrome P450. Ces enzymes sont impliquées dans le catabolisme de la biosynthèse ou de la biodégradation de divers composés endogènes tels que les hormones stéroïdes, les acides gras et les prostaglandines. Elles jouent également un rôle lors de la première phase de biotransformation de certaines molécules exogènes. Cette première étape permet l'insertion d'un atome d'oxygène sur un substrat hydrophobe, ce qui facilite la conjugaison avec une molécule endogène (glucuronide, sulfate,

¹⁶⁸ WALKER C.H., HOPKIN S., SIBLY R.M. & PEAKALL D.B. (2001). *Principles of ecotoxicology*. Third edition. Taylor & Francis, Londres, 309 pp.

¹⁶⁹ HSPs = *Heat Shock Proteins*.

acétate,...) lors de la deuxième phase de biotransformation. La molécule est ainsi rendue plus soluble et peut être aisément excrétée via l'urine¹⁷⁰.

Certains xénobiotiques, tels que les PCBs, les HAPs, les dioxines et les furannes sont capables d'induire la synthèse de l'EROD. Cette induction résulte en une synthèse *de novo* de protéines P450 par l'organisme, ce qui provoque un accroissement de l'activité enzymatique EROD¹⁷¹. C'est pour cette raison que l'activité EROD peut être utilisée comme biomarqueur, notamment chez les poissons, afin de déterminer le niveau de contamination par les xénobiotiques précédemment cités auquel ils sont exposés.

Le principe du dosage de l'activité EROD repose sur la détection par fluorimétrie de la transformation de l'éthoxyrésorufine en résorufine par l'enzyme EROD. Cette transformation a lieu lorsque certaines molécules, telles que des PCBs ou les dioxines, sont présentes dans le milieu et induisent l'activité de l'EROD. Cette activité se mesure en picomoles de résorufine formée par minute de réaction et par milligramme de protéines présent dans l'échantillon (pmol/min*mg).

4.1.3.a. Activités EROD chez les poissons prélevés en Wallonie

Des analyses d'activité EROD ont été réalisées par le Laboratoire d'Ecologie Animale et d'Ecotoxicologie de l'Université de Liège chez des chevaines, des goujons, des loches, des chabots, ainsi que quelques ombres prélevés dans différentes rivières de Région wallonne. Ces espèces ont été choisies de manière à être utilisées comme espèces de référence pour la détection de la contamination des cours d'eau par les PCBs, dioxines et furannes¹⁷². Le choix d'une espèce de référence doit répondre à certains critères essentiels. En effet, l'espèce choisie ne doit en aucun cas faire l'objet de rempoissonnement, car les individus issus des piscicultures peuvent présenter des taux de contamination statistiquement différents de ceux observés chez les sujets indigènes. De plus, les poissons analysés doivent être suffisamment résistants aux PCBs et autres micropolluants que pour se maintenir et se reproduire dans les rivières contaminées, tout en étant assez sensibles afin de présenter des niveaux de contamination, par les xénobiotiques recherchés, décelables. Les espèces choisies répondent généralement bien à ces conditions.

Différentes campagnes de mesure ont été effectuées :

- En 2002 et 2003, des chevaines ont été prélevés dans 17 stations situées sur 11 cours d'eau¹⁷³ des bassins de la Meuse, du Rhin et de l'Escaut.
- Des goujons ont été récoltés au niveau de quatre sites : le Ton à Harnoncourt, le Ton à Lamorteau, la Vesdre à Vaux-sous-Chèvremont et la Rulles à Habay-la-Vieille. Ces quatre sites ont fait l'objet d'un suivi temporel : des prélèvements ont été réalisés en octobre 2003, ainsi que début avril, fin avril et fin mai 2004. Les stations de Lamorteau et Harnoncourt, sur le Ton, sont situées

¹⁷⁰ MANSUY D. (1998). *The great diversity of reactions catalysed by cytochromes P450*. Review. Comparative Biochemistry and Physiology Part C 121: 5-14.

TIMBRELL J. (2000). *Principles of biochemical toxicology*. Third edition. Editions Taylor & Francis, Londres U.K., 394 pp.

¹⁷¹ FLAMMARION P. (2000). Mesure d'un biomarqueur de pollution chez des poissons d'eau douce. Validation et optimisation. Editions Cemagref, Cachan, France, 126 pp.

¹⁷² THOMÉ J.-P., BERTRAND A., BROSE F., CARABIN O., DE PAUW E., DYKMANS C., EPPE G., GASPAR P., LEROY A., LEROY D., LOUVET M., MAGHUIN-ROGISTER G., MARNEFFE Y., MASSART A.-C., PHILIPPART J.-C., RIMBAUT G. & SCIPPO M.-L. (2005). *Evaluation du niveau de contamination des rivières par les PCBs et les "dioxines"*. Rapport de Convention avec la Région wallonne, Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Urbanisme et de l'Environnement – Engagement n° 01/41431, 167 pp.

¹⁷³ Les stations échantillonnées sont : l'Ourthe à Ortho, la Trouille à Givry, la Grande Honnelle à Baisieux, la Mehaigne à Latignes-Hosdent, la Rulles à Marbehan, l'Ourthe à Angleur, l'Our à Andler, la Semois à Bohan, la Sûre à Martelange, l'Our à Ouren, la Meuse à Lixhe, le Ton à Lamorteau, la Semois à Chiny, la Vesdre à Vaux-sous-Chèvremont, l'Ourthe à Maboge, l'Ourthe à Comblain-la-Tour, la Mehaigne à Wanze.

respectivement en aval et en amont d'une papeterie. L'étude des poissons provenant de ces sites devait donc permettre de déterminer l'influence des rejets de papeterie sur la santé des poissons vivant dans ce cours d'eau. La station située sur la Vesdre à Vaux-sous-Chèvremont a été choisie comme site pollué, l'étude réalisée en 2003 chez les chevaines de cette même station ayant révélé une forte contamination de ces poissons par les PCBs et les dioxines. La station située sur la Rulles a, quant à elle, été choisie comme station de référence non polluée. Cette station est en effet située dans une région relativement éloignée de tout type d'activité industrielle. De plus, la biodiversité de ce site, calculée grâce à l'utilisation d'un indice biotique (IBGN), s'était révélée importante.

- Des goujons, des loches, des chabots et des ombres ont été prélevés dans plusieurs stations situées sur le cours de la Vesdre¹⁷⁴. Ces stations ont été choisies dans le but d'évaluer l'impact éventuel des rejets de stations d'épuration sur les poissons peuplant le cours d'eau. Les prélèvements ont été effectués en automne 2004, en avril 2005 et en mai 2005, excepté en ce qui concerne les stations de Verviers et de Membach qui n'ont été échantillonnées qu'en automne 2004. En effet, suite à la faible disponibilité en poissons de ces sites en 2005, leur échantillonnage n'a pas pu être réalisé.

Les valeurs d'activité moyennes de l'EROD mesurées chez les poissons prélevés lors des différentes campagnes de pêche se trouvent dans le tableau de l'Annexe 8.

Les mesures d'activité EROD ont été mises en relation avec les concentrations en PCBs décelées dans les muscles des poissons, et des corrélations positives ont généralement été établies entre ces paramètres dans les poissons analysés. Dans la Meuse à Lixhe, par exemple, les activités EROD élevées décelées chez les chevaines (14 à 26 pmol/minute et par mg de protéines) sont corrélées avec des concentrations en PCBs élevées (207 à 221 ng/g de poids frais). Cependant, les PCBs ne sont pas les seuls agents polluants capables d'induire l'activité EROD. Ainsi, un effet marqué de la contamination par les dioxines et les furannes sur le niveau de l'activité EROD des poissons peut également être observé. C'est notamment le cas pour les chevaines provenant de la station du Ton à Lamorteau (1,58 à 46,14 pmol/min*mg pour les chevaines femelles et immatures), dont les eaux sont fortement contaminées par des dioxines (0,884 TEQ-OMS ng/g dioxine pour les chevaines femelles). D'autres composés, comme les métaux lourds, sont, à l'inverse, susceptibles d'inhiber l'activité EROD. Les chevaines prélevés dans la Vesdre à Vaux-sous-Chèvremont, bien que fortement contaminés par les PCBs (170 à 1160 ng/g de poids frais), montrent une induction de l'activité EROD relativement faible (0,5 à 23 pmol/min*mg). Cette observation est à mettre en relation avec l'effet inhibiteur de certains métaux lourds sur l'activité EROD. C'est notamment le cas du cuivre, qui est présent dans les eaux de cette rivière.

A titre d'exemple, la Figure 21 illustre la relation entre l'activité EROD et les concentrations en PCBs chez les chevaines femelles prélevées en automne 2003. Remarquons que seuls les chevaines femelles sont représentés sur cette figure en raison des différences d'activité observées en fonction du sexe des individus. En effet, conformément aux observations de plusieurs auteurs¹⁷⁵, nous avons observé des

¹⁷⁴ En amont et en aval de la station d'épuration de Goffontaine, en amont et en aval de la station d'épuration de Wegnez, en aval de la station d'épuration de Membach et en amont de la ville de Verviers-Stemberg.

¹⁷⁵ NAVAS J.M., SEGNER H. (2000). Modulation of trout 7-ethoxyresorufin-O-deethylase (EROD) activity by estradiol and octylphenol. *Marine Environmental Research* 50: 157-162.

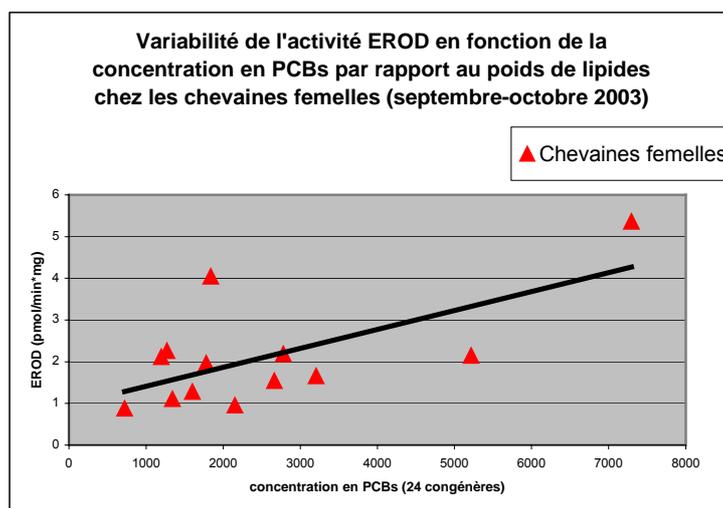
LANGE U., GOSKØYR A., SIEBERS D., KARBE L. (1999). Cytochrome P450 1A-dependent enzyme activities in the liver of dab (*Limanda limanda*): kinetics, seasonal changes and detection limits. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B* 123: 361-371.

ARUKWE A., GOSKØYR A. (1997). Changes in three hepatic cytochrome P450 subfamilies during a reproductive cycle in turbot (*Scophthalmus maximus* L.). *The Journal of Experimental Zoology* 277: 313-325.

FLAMMARION P. (2000). *Mesure d'un biomarqueur de pollution chez des poissons d'eau douce. Validation et optimisation*. Editions Cemagref, Cachan, France, 126 pp.

niveaux d'activité EROD généralement plus élevés chez les individus mâles que chez les femelles, quelle que soit l'espèce considérée. D'autre part, des différences d'activité en fonction de la saison, liées aux différentes phases de maturation sexuelle, ont également été observées. Seuls les poissons prélevés en automne ont donc été considérés sur ce graphique.

Figure 21 : Relation entre l'activité EROD et la concentration en PCBs totaux (24 congénères) exprimée par rapport au poids de lipides chez les chevaines femelles prélevées en automne 2003



Chez les goujons prélevés dans le Ton (Harnoncourt et Lamorteau), la Vesdre (Vaux-sous-Chèvremont) et la Rulles (Habay-la-Vieille), les niveaux d'activité EROD atteignent 4,5 à 60,3 pmol/min*mg de protéines en moyenne. Les poissons provenant de la Rulles apparaissent plus fortement induits : les mâles pêchés fin avril présentent l'activité moyenne la plus forte ($81,24 \pm 37,98$ pmol/min*mg de protéines). Les poissons prélevés à Lamorteau, en aval de la papeterie Burgo Ardenne, présentent une activité EROD légèrement supérieure à celle des individus prélevés en amont de la papeterie (Harnoncourt). Cette différence n'est toutefois pas significative. Tout comme les chevaines, les goujons de la Vesdre présentent de fortes concentrations en PCBs mais une activité EROD relativement faible. Tout comme pour les chevaines, une inhibition de l'activité EROD liée à la présence de métaux lourds (cuivre) dans ce cours d'eau peut donc être suspectée chez cette espèce. Les concentrations en PCBs décelées dans les goujons prélevés dans le Ton sont similaires dans les deux stations. Cependant, les mesures d'activité EROD sont plus élevées à Lamorteau qu'à Harnoncourt. La présence d'autres inducteurs de l'activité enzymatique à Lamorteau, en aval de la papeterie, pourrait expliquer cette différence ; de grandes concentrations en dioxines et furannes ont effectivement été observées chez les chevaines prélevés dans cette même station. Ces analyses n'ont pas été effectuées chez les goujons mais il est probable que ces poissons soient également contaminés par ces substances.

Les activités EROD obtenues chez les chabots, les goujons, les loches et les ombres prélevés dans les six stations de la Vesdre échantillonnées durant la saison 2004-2005 varient entre 0 et 86,5 pmol/min*mg de protéines pour l'ensemble des stations échantillonnées. Aucune différence d'induction significative n'a été observée en fonction des stations de prélèvement ($p > 0,05$). Les goujons prélevés dans les différentes stations présentent des niveaux d'activité EROD, atteignant maximum 10 pmol/min*mg de protéines chez les femelles et 19 pmol/min*mg de protéines chez les mâles. Ces niveaux d'activité sont inférieurs à ceux obtenus précédemment dans des poissons de la même espèce provenant de la Vesdre à Vaux-sous-Chèvremont.

Remarquons que certains facteurs sont susceptibles d'interférer avec l'induction de l'activité EROD par les xénobiotiques recherchés. En effet, d'autres éléments interviennent dans la régulation de cette activité enzymatique : l'âge, le sexe, la maturation sexuelle, le régime alimentaire, la température de l'eau, ... Il est donc important de connaître ces facteurs afin d'interpréter correctement les résultats obtenus.

Ainsi, des goujons et des chevaines ont été prélevés au niveau de deux stations: le Ton à Lamorteau et la Vesdre à Vaux-sous-Chèvremont. Nous avons donc pu comparer les activités EROD obtenues chez des individus de ces deux espèces prélevés au même endroit. En général, les niveaux d'activités sont plus élevés chez les goujons que chez les chevaines, ce qui révèle bien une différence d'activité enzymatique entre les espèces. Les différences d'induction de l'activité EROD sont souvent liées une différence d'assimilation des xénobiotiques inducteurs d'une espèce à l'autre, par exemple suite à un régime alimentaire différent¹⁷⁶. Ainsi, les goujons, de par leur régime alimentaire carnivore (insectes, mollusques, ...), pourraient accumuler de plus grandes quantités de xénobiotiques inducteurs que les chevaines omnivores.

De plus, l'analyse des résultats obtenus pour les poissons prélevés dans la Vesdre durant la saison 2004-2005 a montré que les chabots sont généralement plus induits que les goujons et les loches, et que les loches sont, quant à elles, généralement plus induites que les goujons. Une analyse statistique des résultats obtenus (régression multiple) a révélé un effet significatif de l'espèce, du sexe et de la période de prélèvement sur les valeurs d'activité EROD obtenues ($p < 0,05$) chez ces poissons. En effet, une relation significative a été observée entre les niveaux d'activité EROD et les concentrations en PCBs chez les goujons, mais pas chez les loches et les chabots. Cependant, le faible nombre d'échantillons prélevés ne permet pas de tirer des conclusions définitives, car les relations statistiques obtenues pourraient être biaisées suite au faible nombre de données.

Nous voyons donc que l'activité de l'EROD est corrélée avec plusieurs variables. L'utilisation de l'EROD en tant que biomarqueur d'exposition requiert donc une bonne connaissance des milieux analysés, mais lorsque les différents paramètres susceptibles d'intervenir dans la modulation de l'activité sont connus, l'EROD peut être considéré comme un biomarqueur fiable et peut être utilisé pour le suivi de la contamination d'une rivière ou, en tout cas, des poissons qui y vivent, par des substances telles que les PCBs, les dioxines et les furannes.

4.1.3.b. Classes de qualité de l'eau basées sur les niveaux d'activité EROD

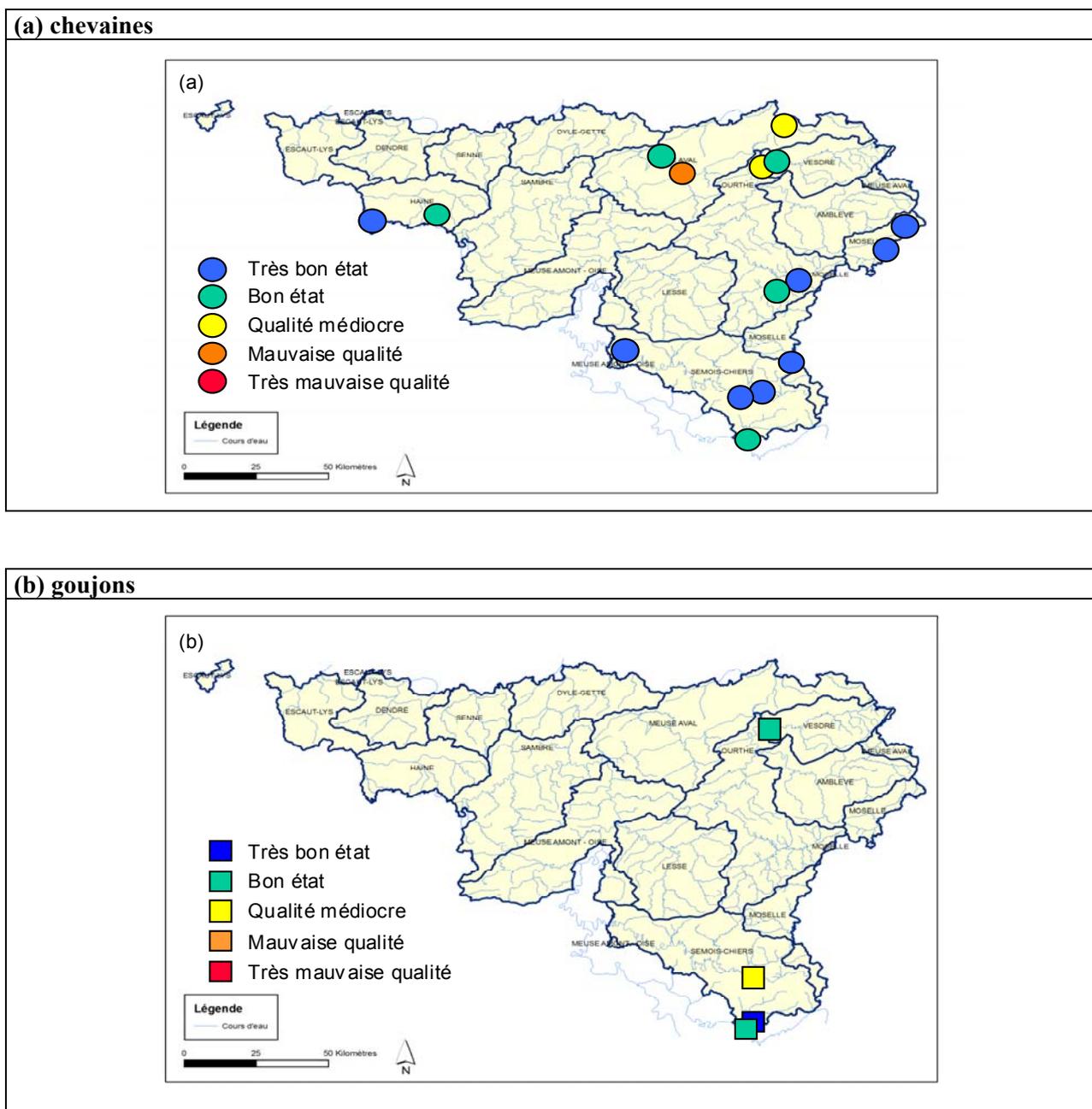
Sur base de calculs statistiques, Flammarion (2000) a établi une échelle de qualité de l'eau basée sur les activités EROD. Cette échelle est subdivisée en cinq classes :

- classe 1 : très bon état ;
- classe 2 : bon état (richesse et viabilité malgré un effet significatif) ;
- classe 3 : qualité médiocre ;
- classe 4 : mauvaise qualité ;
- classe 5 : très mauvaise qualité.

Les bornes supérieures et inférieures des classes sont différentes selon la saison (printemps ou automne), l'espèce et le sexe du poisson. Ces classes ont été appliquées à nos résultats pour tous les sites échantillonnés, pour les chevaines et les goujons (Figure 22).

¹⁷⁶ LINDSTRÖM-SEPPÄ P., OIKARI A. (1990). *Biotransformation activities of feral fish in waters receiving bleached pulp mill effluents*. Environmental Toxicology and Chemistry 9: 1415-1424.

Figure 22 : Classes de qualité de l'eau basées sur les niveaux d'activité EROD mesurés au printemps 2003 et 2004 chez les chevaines (a) et au printemps 2004 chez les goujons (b) prélevés dans les différentes stations échantillonnées



Les résultats ne sont pas systématiquement cohérents d'un sexe à l'autre ou d'une espèce à l'autre. Toutefois, on peut estimer des classes « moyennes »¹⁷⁷. L'analyse des cotes attribuées aux stations wallonnes révèle que :

¹⁷⁷ Pour établir les classes moyennes, la classe à laquelle chaque poisson analysé appartient est déterminée. Les résultats obtenus pour les différents échantillons du même cours d'eau sont ensuite comparés pour établir la classe de qualité définitive. La classe choisie pour représenter la station est généralement celle qui correspond aux poissons les plus induits, soit la plus basse classe de qualité obtenue.

- la Grande-Honnelle à Baisieux, la Rulles à Marbehan, le Ton à Harnoncourt, l'Our à Andler et à Ouren, la Semois à Chiny et à Bohan, la Sûre à Martelange et l'Ourthe à Maboge sont classées comme des stations de « très bonne qualité ».
- l'Ourthe à Ortho, la Trouille à Givry, la Ton à Lamorteau, la Vesdre à Vaux-sous-Chèvremont et la Meuse à Wanze sont plus polluées que les rivières précédentes mais conservent tout de même une eau de « bonne qualité ».
- l'eau de la Meuse à Lixhe et de l'Ourthe à Angleur présente une qualité médiocre.
- la Meuse à Latinne-Hosdent est la seule station à présenter une eau de mauvaise qualité.

Les résultats obtenus pour les goujons prélevés dans les six stations de la Vesdre échantillonnées durant la saison 2004-2005 se situent dans la classe de qualité 1, ce qui semble signifier que l'eau de la Vesdre est a priori de très bonne qualité. Toutefois, des phénomènes d'inhibition de l'activité EROD ont été précédemment rapportés chez des poissons provenant de la Vesdre (pollution aux métaux lourds) et ces résultats doivent donc être considérés avec précaution.

Ces données viennent donc compléter les informations issues de l'analyse des données du réseau de mesures de la qualité physico-chimique des cours d'eau. Ainsi, il est par exemple possible d'effectuer des comparaisons entre les concentrations en PCBs mesurées dans l'eau et les classes de qualité EROD obtenues dans les poissons prélevés dans différentes stations. De bonnes corrélations sont généralement observées entre ces deux paramètres. Ainsi, des dépassements des normes de concentrations en PCBs dans l'eau ont été décelés dans la Meuse à Andenne et à Visé, ainsi que dans l'Ourthe à Chênée. En parallèle, une qualité médiocre de l'eau a été mise en évidence dans la Meuse à Lixhe et dans l'Ourthe à Angleur. Par ailleurs, aucun dépassement des normes n'est observé dans les stations classées comme étant de « bonne » ou « très bonne » qualité suite à l'analyse des niveaux d'activité EROD. Seule la station située sur le Ton à Lamorteau fait exception. En effet, les niveaux d'activité EROD suggèrent le classement de cette station comme étant de bonne qualité alors qu'un dépassement des normes de concentrations en PCBs dans l'eau a été décelé. Cependant, ce dépassement a été observé en 2001, alors que les prélèvements de poissons pour les analyses d'activité EROD ont été effectués en 2003 et 2004. Ceci peut expliquer le manque de relation entre les deux paramètres.

4.1.4. Autres biomarqueurs utilisés en Région wallonne

Outre le biomarqueur EROD, différents biomarqueurs sont actuellement utilisés ou en cours de validation en Région wallonne :

- Le dosage des **glutathione-S-transférases (GST)**. Les GST sont des enzymes de détoxification susceptibles de renseigner la présence de composés tels que, par exemple, les PCBs. (Laboratoire d'Ecologie Animale et d'Ecotoxicologie, Pr J-P. Thomé, ULg ; Unité de Recherche en Biologie des Organismes, Pr P. Kestemont, FUNDP) ;
- Le dosage des **Heat-Shock Proteins (HSPs)**. Les HSPs sont des protéines de stress induites par de nombreux facteurs incluant la présence de molécules telles que les PCBs, les HAPs ou les métaux. (Laboratoire d'Ecophysiologie et physiologie animale, Pr. J-C. Plumier, ULg) ;
- Le dosage des **concentrations plasmatiques en stéroïdes sexuels** (testostérone, 17 β -oestradiol, et 11 kéto-testostérone) et en vitellogénine. Ces dosages permettent de mettre en évidence les perturbations du système reproducteur des poissons engendrées par des xénobiotiques. D'autre part, la mesure de **l'expression du gène de l'aromatase**, une enzyme impliquée dans la bioconversion de la testostérone en 17 β -oestradiol, est également réalisée dans les gonades et le cerveau. (Unité de Recherche en Biologie des Organismes, Pr P. Kestemont, FUNDP) ;

- L'examen de l'**histologie des gonades** (ovaires et testicules). Un tel examen permet de mettre en évidence les altérations de la structure des gonades dues aux polluants présents dans l'organisme. (Unité de Recherche en Biologie des Organismes, Pr P. Kestemont, FUNDP) ;
- Le dosage des **réponses immunitaires spécifiques et non spécifiques** : lymphocytes, activité des leucocytes phagocytaires, lysozymes, macrophages, immunoglobulines totales, complément. (Unité de Recherche en Biologie des Organismes, Pr P. Kestemont, FUNDP) ;
- La mesure du **stress oxydant** par analyses enzymatiques sur des échantillons de foie, de rate et de rein de poissons. (Unité de Recherche en Biologie des Organismes, Pr P. Kestemont, FUNDP);
- La mesure des **indicateurs du stress** (osmolarité, glucose, cortisol). (Unité de Recherche en Biologie des Organismes, Pr P. Kestemont, FUNDP) ;
- Des "**challenge test**" **bactériens**, réalisés en laboratoire, au cours desquels des poissons sont contaminés par injection de bactéries de souche *Aeromonas salmonicida* afin de mesurer la réponse immunitaire en terme de survie. (Unité de Recherche en Biologie des Organismes, Pr P. Kestemont, FUNDP).

4.2. Impact potentiel sur la santé humaine¹⁷⁸

4.2.1. Présentation des principaux types d'effet

Lorsque des polluants sont déversés dans l'environnement, ils sont d'abord dilués puis dispersés dans les différents compartiments de la biosphère (air, eau, sols et sédiments). Suivant les propriétés physico-chimiques des molécules, celles-ci peuvent soit être dégradées naturellement (modifications chimiques ou physico-chimiques, dégradation bactérienne,...), soit persister dans l'environnement et pénétrer ensuite dans les organismes vivants, suivant le processus de **bioaccumulation**. Une fois dans les organismes, les xénobiotiques peuvent être métabolisés et excrétés, ou s'accumuler dans les tissus et provoquer divers effets toxiques. La toxicité exercée dépend de plusieurs facteurs tels que le type de polluant, la dose reçue et la voie d'exposition (voie alimentaire, inhalation, passage à travers la peau). Les principaux effets observés sont : la formation de radicaux oxygène, l'altération de l'expression des gènes, une toxicité au niveau d'un tissu ou d'un organe, une dérégulation endocrinienne, la mutagénicité et la tératogénicité.

4.2.1.a. La formation de radicaux libres de l'oxygène

L'oxygène est un composé indispensable à la vie de la majorité des organismes terrestres. Cependant, lorsqu'il se trouve sous forme réactive, comme l'anion superoxyde ($O_2^{\bullet-}$), le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) ou le radical hydroxyle ($\bullet OH$), ce composé peut être toxique et induire un stress oxydatif qui pourra mener à des dysfonctionnements des cellules, voire à leur mort¹⁷⁹. La surproduction d'espèces réactives de l'oxygène a d'ailleurs été mise en relation avec un grand nombre de maladies telles que la maladie de Parkinson, l'ischémie, certains types de cancers ou encore la maladie d'Alzheimer¹⁸⁰.

¹⁷⁸ Les informations contenues dans ce chapitre proviennent principalement de :

- TIMBRELL J. (2000). *Principles of biochemical toxicology*. Third edition. Editions Taylor & Francis, Londres U.K., 394 pp.
- BOELSTERLI U.A. (2003). *Mechanistic toxicology. The molecular basis of how chemicals disrupt biological targets*. Editions Taylor & Francis, Londres U.K., 314 pp.
- PAGE N., D.V.M. *Toxicology tutor I*, U.S. National Library of Medicine.
Cours de toxicologie en ligne: <http://www.sis.nlm.nih.gov/enviro/toxtutor/Tox1/index.html>

Les références complémentaires sont renseignées dans le texte.

¹⁷⁹ HALLIWELL B., GUTTERIDGE J. (1999). *Free radicals in biology and medicine*. Third edition. Claredaon Press; U.K.

¹⁸⁰ STOREY K.B. (1996). *Oxidative stress: animal adaptations in nature*. Brazilian Journal of Medicinal Biological Research, 29, p 1715-1733.

De nombreux polluants exercent leurs effets dans les organismes à travers la production d'espèces réactives de l'oxygène. Parmi ces polluants, on retrouve les **PCBs**, les **dioxines** et les **furannes**.

4.2.1.b. Altération de l'expression des gènes

Certains polluants peuvent se lier à des protéines intracellulaires responsables de la modulation de la transcription des gènes avec comme conséquence l'induction ou la répression de l'expression de certains gènes. Les effets physiologiques qui résultent de cette liaison entre micropolluants et protéines sont différents selon le type de micropolluant considéré.

Ainsi, les **HAPs** et certains **PCBs** peuvent se lier à un récepteur cytosolique et provoquer une induction de la transcription de gènes responsables de la métabolisation des xénobiotiques. Cette induction provoque alors une augmentation de la capacité de l'organisme à métaboliser les composés chimiques, induisant l'apparition de métabolites parfois plus toxiques que les composés ingérés.

Les **métaux lourds** (cadmium, zinc, cuivre, mercure, cobalt, nickel, ...) peuvent quant à eux se lier à un récepteur cytosolique responsable de l'activation de la transcription des gènes qui codent pour les métallothionéines¹⁸¹. La production trop importante des métallothionéines peut alors provoquer une accumulation des métaux dans les tissus.

Remarquons également que l'exposition à certaines substances induit la transcription de facteurs promoteurs de la mitose et/ou inhibent la transcription de facteurs de suppression de tumeurs, ce qui peut entraîner l'apparition de cancers.

4.2.1.c. Toxicité au niveau d'un organe ou d'un tissu

Les polluants peuvent agir au niveau de l'ensemble de l'organisme en provoquant un stress généralisé ou des dommages systémiques. Les conséquences les plus communes sont une réduction de la croissance, une malnutrition, une augmentation des infestations parasitaires et des maladies, un taux de reproduction réduit, ainsi que des anomalies du développement ou une viabilité réduite chez la progéniture. D'autre part, des dommages systémiques sont produits lorsqu'un polluant affecte un système moléculaire ou cellulaire largement distribué dans l'organisme. Ainsi, un grand nombre de polluants tels que, par exemple, certains **pesticides**, affectent les mitochondries et provoquent un affaiblissement systémique général qui peut conduire à la mort.

De nombreux polluants environnementaux exercent leurs effets toxiques au niveau d'un organe ou d'un tissu particulier.

4.2.1.c.1. Toxicité sanguine et cardiovasculaire

La toxicité sanguine et cardiovasculaire résulte d'une action directe des xénobiotiques au niveau des cellules du sang, de la moelle osseuse et du cœur.

Exemples :

Le **benzène** peut endommager les cellules de la moelle osseuse et induire des leucémies.

¹⁸¹ Les métallothionéines sont des protéines impliquées dans le transport des métaux à l'intérieur du corps.

4.2.1.c.2. Toxicité dermique

La toxicité dermique peut résulter d'un contact externe direct ou d'une distribution interne du toxique vers la peau. Les effets observés peuvent aller de l'irritation légère au cancer de la peau.

Exemples :

L'exposition à du **gasoil** provoque une irritation cutanée.

4.2.1.c.3. Toxicité oculaire

La toxicité oculaire peut résulter d'un contact externe direct ou d'une distribution interne du toxique vers l'œil. La cornée et le tissu conjonctif sont les parties de l'œil directement exposées aux agents toxiques et les principaux effets toxiques occasionnés sont des conjonctivites, une opacité de la cornée, la cataracte, ou des dommages au niveau de la rétine ou du nerf optique.

4.2.1.c.4. Hépatotoxicité

L'hépatotoxicité est la toxicité qui s'exerce au niveau du foie, du canal biliaire et de la vésicule biliaire. De par son rôle primordial dans le métabolisme et la grande quantité de sang qui transite par cet organe, le foie est particulièrement sensible à la toxicité des xénobiotiques. Les formes principales d'hépatotoxicité sont exposées dans le Tableau 28.

Tableau 28 : Principales formes d'hépatotoxicité

Stéatose	Accumulation de graisse dans les cellules hépatiques
Hépatite	Inflammation du foie
Nécrose hépatique	Mort des hépatocytes
Cholestase intrahépatique	Retour de sels biliaires dans les cellules du foie
Cancer du foie	Cancer du foie
Cirrhose	Fibrose chronique
Hypersensibilité	Réaction immunitaire qui résulte en une nécrose des cellules hépatiques

Exemples :

Les **PCBs** ainsi que d'autres composés organiques (**PCDDs**, **PCDFs**, **HAPs**) induisent l'activité de certaines enzymes de métabolisation. Ces enzymes permettent la production de métabolites susceptibles de provoquer des troubles cellulaires et tissulaires tels que, par exemple, la dégénérescence des cellules hépatiques.

4.2.1.c.5. Immunotoxicité

L'immunotoxicité est la toxicité vis-à-vis du système immunitaire. Plusieurs formes d'immunotoxicité existent : hypersensibilité (allergies et maladies auto-immunes), immunodéficience et prolifération incontrôlées (leucémies et lymphomes).

Exemples :

Le **benzène** peut induire certaines formes de leucémies.

Les travailleurs exposés à l'**hydrazine** peuvent développer un lupus systémique¹⁸².

¹⁸² Le lupus systémique est une maladie de l'adulte caractérisée par l'association d'anomalies affectant un certain nombre d'organes. Les aspects cliniques de cette maladie comprennent les fièvres, les éruptions et l'arthrite ainsi qu'un certain nombre de manifestations rénales, pulmonaires, cardiaques et neurologiques.

4.2.1.c.6. Néphrotoxicité

La néphrotoxicité est la toxicité qui s'exprime au niveau des reins. Les reins sont très sensibles aux substances toxiques pour deux raisons : d'une part, une grande quantité de sang transite par ces organes, et d'autre part, ils filtrent de grandes quantités de toxines qui peuvent se concentrer dans les tubules rénaux. La néphrotoxicité peut causer des problèmes d'excrétion des déchets corporels, une difficulté à maintenir la balance électrolytique, et une diminution de la synthèse d'hormones essentielles, telle que l'érythropoïétine¹⁸³.

Exemples :

Certains **métaux lourds** tels que le **cadmium** peuvent provoquer des dommages rénaux en affectant l'ultrafiltration au niveau du glomérule, l'osmorégulation, et la formation de l'urine.

4.2.1.c.7. Neurotoxicité

La neurotoxicité est la toxicité qui s'exerce au niveau du système nerveux central (cerveau et moelle épinière) et périphérique (le reste du réseau nerveux). Les principaux types de neurotoxicité sont les neuropathies (lésions des neurones), les axonopathies (lésions des axones), les démyélinisations (perte de la couche de myéline recouvrant les axones), et l'interférence avec la transmission nerveuse.

Exemples :

Certains **hydrocarbures aromatiques** utilisés comme agents plastifiants peuvent avoir des effets narcotiques en affectant la communication synaptique au niveau du système nerveux central.

Des polluants métalliques tels que le **mercure** ou l'**aluminium** s'accumulent dans les neurones du système nerveux central et sont susceptibles de causer des troubles mentaux comme, par exemple, la maladie d'Alzheimer.

Les pesticides **organophosphorés** et les **carbamates** inhibent l'activité de l'acétylcholinestérase¹⁸⁴ et provoquent ainsi un état tétanique causé par une interruption de la transmission nerveuse.

4.2.1.c.8. Toxicité reproductive

La toxicité reproductive est à l'origine de dommages causés au niveau du système reproducteur mâle ou femelle. Ce type de toxicité peut causer des problèmes d'impotence, d'infertilité, de grossesses interrompues, de cancers et de mortalité infantile, d'altération du sex-ratio,...

Ce type de toxicité est souvent lié à une dérégulation endocrinienne et sera abordé plus en détails ci-après (voir point 4.2.1.d.).

4.2.1.c.9. Toxicité respiratoire

Les principaux types de toxicité respiratoire sont l'irritation pulmonaire, l'asthme, la bronchite, l'emphysème, l'alvéolite allergique, la fibrose pulmonaire et le cancer du poumon.

Exemples :

Certains **HAPs**, tels que le **benzo(α)pyrène**, peuvent induire le développement de cancers du poumon.

¹⁸³ L'érythropoïétine est une hormone d'origine rénale qui stimule la production des globules rouges dans la moelle osseuse.

¹⁸⁴ L'acétylcholinestérase est une enzyme qui entraîne la destruction de l'acétylcholine, un neurotransmetteur, évitant ainsi une action excessive de celle-ci (régulation). L'inactivation de l'acétylcholinestérase, par exemple par des pesticides, provoque le développement d'un état tétanique pouvant conduire à la mort de l'organisme.

4.2.1.d. Dérégulation endocrinienne

Les dérégulateurs endocriniens sont des substances qui modifient le métabolisme normal en perturbant l'homéostasie hormonale. Ces modifications ont pour conséquence de provoquer des effets néfastes sur la santé d'un organisme sain, sur la descendance ou encore sur la population d'une espèce considérée (Vos *et al*, 2000¹⁸⁵).

Les dérégulateurs endocriniens les mieux connus sont des composés qui possèdent une activité oestrogénique. Ces composés sont donc appelés **xénoestrogènes** et comprennent des molécules telles que le **DDT**, l'**endosulfane** (ou **dieldrine**), les **esters de phtalate**, le **vinclozion** (fongicide), des **dioxines**, les **PCBs** et les **alkylphénols**.

Exemples :

Les **esters de phtalate** ainsi que de nombreux **pesticides** utilisés en agriculture « miment » les hormones et affectent le système endocrinien en provoquant de sévères altérations du développement embryonnaire, du taux de croissance et de la détermination du sexe.

4.2.1.e. Mutagénicité

Certains polluants peuvent présenter des propriétés mutagènes : ils se lient directement à l'ADN et provoquent des mutations. Certains polluants peuvent également interférer avec des fonctions cellulaires essentielles telles que la réplication ou la réparation de l'ADN, l'expression des gènes, ... Tous ces événements provoquent des erreurs dans l'empreinte génétique cellulaire qui sont susceptibles de modifier la structure et/ou la fonction de la cellule. Ainsi, si ces mutations ne sont pas limitées, le génome altéré peut être transmis aux cellules filles lors de la mitose. Lorsqu'une cellule germinale¹⁸⁶ subit une mutation, celle-ci peut ensuite être transmise à la génération suivante. Les agents mutagènes peuvent donc avoir des propriétés **tératogènes**. Par contre, si c'est une cellule somatique¹⁸⁷ qui est touchée, l'organisation cellulaire peut être perturbée et une tumeur peut être engendrée. En effet, de nombreuses substances mutagènes se sont révélées être **carcinogènes**.

4.2.1.e.1. Tératogénicité

Les substances tératogènes exercent un effet sur le développement de l'embryon et provoquent des malformations chez les nouveaux-nés. Ces composés agissent principalement au niveau des gonades et des premiers stades de développement de l'embryon. Dans la plupart des cas, la substance tératogène exerce un effet mutagène sur l'ADN, affectant ainsi la synthèse des protéines nécessaires au développement normal du fœtus. Les conséquences peuvent être multiples : différenciation anormale des cellules ou des tissus, taux de mortalité cellulaire trop élevé pendant le développement, communication inappropriée entre des cellules ou des tissus, mobilité cellulaire altérée qui peut mener à des mouvements morphogénétiques atypiques, dérégulation du métabolisme, retard dans le développement, perte de contrôle de la croissance, ...

Les polluants connus pour leur action tératogène sont principalement les **PCBs**, les **dioxines**, le **benzo(α)pyrène**, les **métaux lourds**, et la plupart des **pesticides** (**toxaphène**, **endrine**, **lindane**, **DDT**, **dieldrine**, **atrazine**, **méthoxychlore**, ...).

¹⁸⁵ VOS G.J, DYBING E., GREIM H.A., LADEFAGED O., LAMBRE C., TARAZONA J.V., BRANDT I., VETHAAK A.D. (2000). *Health effects of endocrine-disrupting chemicals on wildlife, with special reference to the European Situation*. Critical Reviews in Toxicology 30(1): p 71-133.

¹⁸⁶ Une cellule germinale est une cellule destinée à la reproduction de l'organisme.

¹⁸⁷ Une cellule somatique est une cellule chargée des fonctions de relation et de nutrition de l'organisme.

4.2.1.e.2. Carcinogénèse

Le cancer est une prolifération anormale et maligne de cellules somatiques qui résulte en la formation d'une tumeur. La formation de tumeurs cancéreuses résulte souvent d'une exposition de l'organisme à des agents carcinogènes, tels que des radiations, des virus, ou des molécules chimiques (produites naturellement ou d'origine anthropique). Le processus de développement d'une tumeur après exposition est long et dépend de plusieurs facteurs tels que la fréquence d'exposition à l'agent incriminé, le sexe et l'âge de l'individu, sa constitution génétique et l'efficacité de son système immunitaire.

Beaucoup d'agents carcinogènes possèdent un pouvoir mutagène et agissent par interaction avec l'ADN (e.g. métaux, hydrazine) ou avec l'ARN (e.g. **acétylamino**fluorène). Ils peuvent également agir par activation d'oncogènes cellulaires¹⁸⁸ ou en affectant la réparation de l'ADN (e.g. **diméthyl**nitrosamine).

Cependant, il existe des carcinogènes non mutagènes qui agissent par d'autres voies (carcinogènes épigéniques). Ils agissent, par exemple, à travers la suppression des mécanismes immunitaires et la cytotoxicité. Certains carcinogènes épigéniques, tels que les **esters de phtalate**, causent une augmentation du nombre de peroxisomes hépatiques avec comme conséquence une augmentation du volume du foie (hyperplasie) pouvant mener à la formation de tumeurs cancéreuses.

Les niveaux de contamination par les PCBs, les dioxines et les furannes de différentes espèces de poissons d'eau douce ont été déterminés dans différents cours d'eau en Région wallonne. Dans les sous-chapitres suivants, nous envisagerons principalement la contamination de ces organismes et les impacts potentiels indirects que peuvent avoir la consommation de ces poissons sur la santé humaine.

4.2.2. Niveaux de contamination de certains poissons par les PCBs, les dioxines et les furannes et normes de consommation

4.2.2.a. Présentation des normes de consommation (PCBs et dioxines)

En Belgique, les poissons ont longtemps constitué le seul groupe de denrées alimentaires pour lequel aucune teneur maximale en PCBs et dioxines n'avait été fixée. Pourtant, l'ingestion de PCBs suite à la consommation de poissons touche un grand nombre de personnes. En conséquence, le Ministère des Affaires sociales, de la Santé publique et de l'Environnement a pris, le 6 mars 2002, un Arrêté royal modifiant l'Arrêté royal du 19 mai 2000 fixant des teneurs maximales en dioxines et biphényles polychlorés dans certaines denrées alimentaires. Il stipule notamment « l'interdiction de commercialiser des poissons (y inclus les coquillages et crustacés) et des denrées alimentaires préparées à base de ces produits, dont la teneur en biphényles polychlorés (PCB), calculée sur la base du total des teneurs en PCB28, PCB52, PCB101, PCB118, PCB138, PCB153 et PCB180, est supérieure à 75 µg par kg de produit frais ». Il s'agit donc essentiellement d'une norme visant les poissons (marins et d'eau douce) comme denrée alimentaire qui est destinée à protéger la santé publique.

Remarquons que cette norme ne tient compte que d'un nombre limité de PCBs, que l'on appelle communément les PCBs « traceurs ». Ceux-ci étaient plus particulièrement recherchés dans les aliments suite à la crise de la dioxine et des PCBs survenue en Belgique en 1999 car ils renseignaient sur une contamination éventuelle des denrées alimentaires par les dioxines. Les 7 PCBs traceurs, lors de cette

¹⁸⁸ Les oncogènes cellulaires, ou proto-oncogènes, sont des gènes appartenant à l'ADN cellulaire qui jouent un rôle important dans la régulation de la croissance cellulaire.

crise, étaient d'ailleurs présents dans les aliments contaminés dans des proportions typiques, caractéristiques du mélange de PCBs qui était à l'origine de la contamination (l'Askarel, i.e. de l'Aroclor 1260 essentiellement). Les « dioxines » détectées dans les denrées alimentaires, à l'époque, résultaient d'ailleurs de la dégradation des PCBs provenant d'huile de transformateurs et présentaient également un profil bien particulier dans les denrées alimentaires contaminées. C'est donc dans ce cadre que ces 7 PCBs pouvaient être considérés comme traceurs.

Concernant les dioxines, il existe en Belgique un Arrêté ministériel du 18 février 2002 (modifiant l'arrêté ministériel du 12 février 1999) relatif au commerce et à l'utilisation des substances destinées à l'alimentation des animaux. Cet arrêté fixe une norme de concentration en dioxines pour les poissons, les autres animaux aquatiques, leurs produits et leurs sous-produits (à l'exception de l'huile de poissons) à 1,25 ng OMS-PCDD/F-TEQ/kg de produit. Cette norme est basée sur la somme des concentrations en dibenzopara-dioxines polychlorées (PCDD) et en dibenzofurannes polychlorés (PCDF), exprimées en équivalents toxiques de l'Organisation mondiale de la santé (OMS), en utilisant les TEQ-OMS (facteurs d'équivalence toxique, 1997). Cependant, dans le cadre de l'application de cet arrêté ministériel, seuls les poissons (et leurs produits dérivés) incorporés dans de la nourriture animale sont concernés. Les poissons destinés à la consommation humaine ne sont donc pas concernés. Par ailleurs, le règlement européen du 29 novembre 2001¹⁸⁹ fixe les teneurs maximales en PCDDs et en PCDFs dans les denrées alimentaires et notamment dans la « chair musculaire des poissons, des produits de la pêche et de leurs produits dérivés » à 4 pg TEQ-OMS/g poids frais.

4.2.2.b. Concentrations en micropolluants dans les poissons et comparaison avec les normes de consommation

4.2.2.b.1. Concentrations en PCBs

4.2.2.b.1.1. Niveaux de contamination par les PCBs de poissons prélevés en Région wallonne

Des analyses de biphényles polychlorés (PCBs) et de dioxines ont été réalisées chez plusieurs espèces de poissons prélevés dans 61 stations localisées sur 30 cours d'eau de Wallonie situés dans les bassins de la Meuse, de l'Escaut et du Rhin¹⁹⁰. Ces prélèvements ont été réalisés au cours des années 2001 à 2004. Il n'était naturellement pas possible d'investiguer toutes les rivières de la Région wallonne. Les analyses ont donc été effectuées sur des poissons prélevés dans des rivières choisies soit pour leur pollution importante, soit au contraire pour le fait qu'elles coulent dans des zones théoriquement préservées et éloignées de toute source de pollution. Les analyses ont été effectuées chez deux espèces de poissons, le chevaine (*Leuciscus cephalus*) et l'anguille (*Anguilla anguilla*), dans le but de les utiliser en tant qu'espèces indicatrices des niveaux de pollution du milieu aquatique par bioaccumulation des PCBs et des dioxines. Le choix d'espèces sentinelles indicatrices de la pollution du milieu par les PCBs et les dioxines doit répondre à certains critères :

- Les poissons analysés doivent appartenir à des espèces dont tout le développement se déroule dans les rivières analysées. En aucun cas des espèces faisant l'objet de rempoissonnement ne peuvent être utilisées. En effet, les individus appartenant à ces espèces pourraient avoir été contaminés lors de l'élevage en pisciculture par des eaux contaminées (voie directe) et/ou par la

¹⁸⁹ Règlement (CE) n° 2375/2001 du Conseil du 29 novembre 2001 modifiant le règlement (CE) n° 466/2001 de la Commission portant fixation de teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires.

¹⁹⁰ THOME J.-P., BERTRAND A., BROSE F., CARABIN O., DE PAUW E., DYKMANS C., EPPE G., GASPAR P., LEROY A., LEROY D., LOUVET M., MAGHUIN-ROGISTER G., MARNEFFE Y., MASSART A.-C., PHILIPPART J.-C., RIMBAUT G. & SCIPPO M.-L. (2005). *Evaluation du niveau de contamination des rivières par les PCBs et les "dioxines"*. Rapport de Convention avec la Région wallonne, Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Urbanisme et de l'Environnement – Engagement n° 01/41431, 167 pp.

nourriture (voie trophique) ou, au contraire, présenter des niveaux de contamination anormalement faibles dans la mesure où ils ont été élevés dans des eaux exemptes de ces contaminants et qu'ils viennent d'être introduits dans une rivière qui pourrait être polluée par ces xénobiotiques.

- Les espèces de poissons choisies comme modèles doivent présenter une résistance suffisante à ces xénobiotiques ou à leur action combinée à celles d'autres facteurs polluants éventuellement présents dans le milieu pour survivre et se reproduire dans les rivières contaminées. Il faut donc que les espèces choisies soient à la fois suffisamment sensibles aux PCBs et « dioxines » pour atteindre des niveaux de contamination suffisants pour être décelés, et suffisamment résistantes pour ne pas succomber à la présence de traces de ces micropolluants dans le milieu.

En résumé, les espèces de poissons choisies ne doivent pas faire l'objet de rempoissonnement et doivent occuper une position trophique leur permettant de bioaccumuler des concentrations significatives de « dioxines » et de PCBs. Le chevaine et l'anguille remplissent ces conditions. Les intérêts de ces deux espèces en tant qu'indicateurs de pollution par les micropolluants considérés sont présentés en Annexe 10.

Il n'a cependant pas été possible de capturer des individus appartenant à chacune des deux espèces dans toutes les stations. De plus, comme ces poissons ne sont pas présents dans tous les tronçons de rivières, les concentrations en PCBs ont également été mesurées dans les muscles de poissons appartenant à d'autres espèces récoltés dans certaines stations : la brème (*Abramis brama*), le goujon (*Gobio gobio*) et le sandre (*Stizostedion lucioperca*). Vingt-quatre congénères de PCBs¹⁹¹ représentatifs des congénères susceptibles de contaminer l'environnement, et incluant les 7 PCBs traceurs pour lesquels des normes ont été établies dans les poissons, ont été recherchés et dosés dans les muscles des poissons.

Les résultats de cette étude ont montré que les niveaux de contamination par les PCBs sont différents en fonction des espèces considérées. En effet, les anguilles présentent des concentrations en PCBs (somme des 24 congénères analysés) généralement comprises entre 68 et 850 ng/g de poids frais. Elles apparaissent plus contaminées que les chevaines, dont les concentrations en PCBs varient entre 5 et 80 ng/g de poids frais. Cette observation est probablement à mettre en relation avec les teneurs élevées en lipides dans les muscles d'anguilles (les lipides représentent 20 à 25 % du poids frais) par rapport à celles décelées chez les chevaines (0,5 à 3 % du poids frais). Ceci suggère que chacune de ces deux espèces apporte des informations complémentaires sur le niveau de contamination des cours d'eau par ces xénobiotiques. Les anguilles constituent la « mémoire biologique » de la pollution d'une rivière par les PCBs au cours des 7 à 10 années précédentes, période correspondant à l'âge des individus capturés. Les chevaines, par contre, apportent davantage d'information sur le niveau de contamination des autres espèces de poissons et, ainsi, sur le danger potentiel que représentent les PCBs pour le devenir à moyen terme des populations de poissons sauvages dans les rivières wallonnes d'une part et, en matière de santé publique, pour les pêcheurs qui consommeraient des poissons contaminés, d'autre part. Les brèmes présentent généralement des niveaux de contamination similaires à ceux des chevaines, alors que les niveaux de contamination par les PCBs décelés chez les sandres sont très différents de ceux des chevaines. Les sandres montrent en effet un degré de contamination, exprimé par rapport au poids frais, très faible par rapport aux autres espèces. Par contre, lorsque les concentrations en PCBs sont exprimées par rapport aux lipides, ce sont les sandres qui montrent le degré de contamination le plus élevé. Ces résultats peuvent être expliqués par la très faible teneur en lipides des muscles de ce poisson (0,1 % du poids frais). Les goujons, quant à eux, présentent des niveaux de contamination supérieurs à ceux des chevaines dans le Ton à Lamorteau, mais inférieurs à ceux des chevaines dans la Vesdre à Vaux-sous-Chèvremont. Cependant, le goujon fait parfois l'objet de rempoissonnements, ce qui ne garantit pas que les

¹⁹¹ Ces 24 congénères sont les PCBs 28, 44, 52, 66, 70, 87, 95, 101, 105, 110, 118, 128, 138, 149, 153, 156, 170, 180, 183, 187, 194, 195, 206 et 209

concentrations en PCBs décelées dans les muscles de cette espèce reflètent fidèlement la contamination du milieu. Une origine différente de certains poissons prélevés pourrait peut être expliquer les différences de contamination observées par rapport aux chevaines.

D'autre part, des différences de contaminations ont été observées en fonction des sites de prélèvement : les poissons prélevés dans certaines stations de la Meuse, de la Vesdre, de la Sambre, du Canal Albert, de l'Ourthe, de l'Aisne, de l'Escaut et de la Dendre apparaissent plus contaminés que ceux prélevés dans d'autres stations. Ces contaminations peuvent être mises en relation avec les caractéristiques écologiques des rivières. En effet, la Vesdre (Vaux-sous-Chèvremont), la Meuse (à Lixhe) et le Canal Albert (à Lanaye), par exemple, sont des stations situées sur des rivières qui sont actuellement polluées (cas de la Meuse en aval du bassin industriel liégeois et de la Sambre et cumul des apports de polluants des bassins versants) ou qui ont été, naguère, fortement polluées (la Vesdre). Toutefois, étant donné l'importante rémanence des xénobiotiques étudiés, il n'est guère étonnant de retrouver des contaminations élevées dans ces stations dans un poisson comme l'anguille, par exemple, qui est un excellent bioindicateur de pollution par accumulation. Il subsiste vraisemblablement des concentrations significatives de PCBs et de « dioxines » dans les sédiments de cette rivière qui constituent un réservoir pour ces xénobiotiques. Le cas de l'Escaut (à Kain) et de la Dendre (à Deux-Acren) est similaire, puisque ces stations sont représentatives de cours d'eaux navigables à vocation industrielle et chargés d'une assez forte pollution. Les poissons prélevés dans les deux stations de l'Aisne présentent une contamination par les PCBs relativement élevée. Toutefois, cette contamination est essentiellement liée à la présence de certains congénères fortement chlorés.

Le Tableau 29 (a à f) présente les concentrations moyennes¹⁹² en PCBs obtenues dans les différentes espèces de poissons et les différentes stations échantillonnées. Etant donné que les normes de concentration dans les poissons sont exprimées par rapport à la somme des 7 congénères traceurs, les résultats ont également été exprimés en fonction de ces congénères uniquement.

Le tableau de l'Annexe 9 présente le nombre de poissons de chaque espèce analysés pour la contamination par les PCBs dans les différentes stations.

¹⁹² Les concentrations moyennes en PCBs sont calculées sur base des concentrations mesurées dans les muscles des poissons prélevés: une mesure est effectuée sur chaque poisson et une moyenne des concentrations est calculée pour les males et pour les femelles de chaque espèce.

Tableau 29 a : Concentration moyenne en PCBs (24 congénères et 7 traceurs) en ppb (ng/g) par rapport au poids frais pour les rivières échantillonnées dans les sous-bassins de l'Amblève, de la Lesse et de la Meuse-amont (bassin de la Meuse)

1. BASSIN DE LA MEUSE

Sous bassin de l'Amblève

Resultats exprimés en ppb par rapport au poids frais

Rivières			Chevaines			Anguilles
			Femelles	Mâles	Immatures	
Amblève	Comblain-la-Tour	24 congénères	33 ± 9	15 ± 3		437 ± 200
		7 traceurs	24 ± 7	11 ± 2		278 ± 36
	Deidenberg	24 congénères	12 ± 2	12		Absentes (cascade de Coo)
		7 traceurs	12 ± 2	12		
	Lorcé-Abompré	24 congénères	113 ± 88			355 ± 3
		7 traceurs	73 ± 66			223 ± 12
Warche	Robertville	24 congénères				325 ± 74
		7 traceurs				185 ± 136

Sous bassin de la Lesse

Resultats exprimés en ppb par rapport au poids frais

Rivières			Chevaines			Anguilles
			Femelles	Mâles	Immatures	
Lesse	Redu	24 congénères		11 ± 7		148 ± 64
		7 traceurs		6 ± 4		101 ± 44
	Eprave	24 congénères		9 ± 8	4	209 ± 93
		7 traceurs		5 ± 4	2	127 ± 49
Lhomme	Poix-st-Hubert	24 congénères	12 ± 1	18 ± 8		241 ± 53
		7 traceurs	9 ± 0	12 ± 5		142 ± 31

Sous bassin de la Meuse-amont

Resultats exprimés en ppb par rapport au poids frais

Rivières			Chevaines			Anguilles
			Femelles	Mâles	Immatures	
Eau blanche	Aublain	24 congénères	17 ± 9	15 ± 1		215 ± 37
		7 traceurs	8 ± 4	8 ± 1		116 ± 21
Meuse	Tailfer	24 congénères	94	98 ± 38		
		7 traceurs	46	46 ± 18		
	Waulsort	24 congénères	22 ± 10	19 ± 16		414 ± 141
		7 traceurs	12 ± 5	15 ± 8		214 ± 78
Samson	Goyet	24 congénères				277 ± 79
		7 traceurs				166 ± 60
Viroin	Vierves/Dourbes Oloy	24 congénères	16 ± 3		14	138 ± 14
		7 traceurs	10 ± 1		8	80 ± 14

Tableau 29 b : Concentration moyenne en PCBs (24 congénères et 7 traceurs) en ppb (ng/g) par rapport au poids frais pour les rivières échantillonnées dans le sous-bassin de la Meuse-aval (bassin de la Meuse)

1. BASSIN DE LA MEUSE

Sous bassin de la Meuse-aval

Resultats exprimés en ppb par rapport au poids frais

Rivières			Chevaines		Anguilles	Brèmes		Sandres	
			Femelles	Mâles		Femelles	Mâles	Femelles	Mâles
Berwinne	Mortroux	24 congénères 7 traceurs	24 ± 15 16 ± 10	20 ± 3 13 ± 2	202 ± 67 152 ± 53				
	Berneau	24 congénères 7 traceurs	31 ± 5 18 ± 3	39 ± 16 23 ± 10	256 ± 96 155 ± 57				
Gueule	Sippenaeken	24 congénères 7 traceurs			222 ± 118 136 ± 58				
	Flombières	24 congénères 7 traceurs		26 ± 6 19 ± 4					
Canal Albert	Lanaye	24 congénères 7 traceurs			3446 ± 938 1761 ± 412				
Hoyoux	Huy	24 congénères 7 traceurs			290 ± 99 180 ± 56				
Mehaigne	Goyet	24 congénères 7 traceurs	24 13	21 ± 7 12 ± 4	608 ± 90 338 ± 62				
	Latignes-Hosdent	24 congénères 7 traceurs	18 ± 6 12 ± 4	18 ± 6 12 ± 4	296 ± 80 199 ± 50				
	Wanze	24 congénères 7 traceurs	42 ± 22 24 ± 13	40 ± 25 23 ± 14					
Meuse	Tiharge	24 congénères 7 traceurs			632 ± 296 367 ± 147			15 ± 7 11 ± 2	13 ± 3 10 ± 2
	Lixhe/Visé	24 congénères 7 traceurs	207 ± 94 108 ± 50	221 ± 101 119 ± 52	2740 ± 454 1600 ± 225	197 ± 111 108 ± 52	253 ± 137 143 ± 73		
	Ben-Hahin/Ampsin	24 congénères 7 traceurs	91 ± 26 46 ± 14	40 ± 10 20 ± 5	609 ± 150 344 ± 76	427 ± 131 216 ± 61	295 ± 114 151 ± 55		

Tableau 29 c : Concentration moyenne en PCBs (24 congénères et 7 traceurs) en ppb (ng/g) par rapport au poids frais pour les rivières échantillonnées dans le sous-bassin de l'Ourthe (bassin de la Meuse)

1. BASSIN DE LA MEUSE

Sous bassin de l'Ourthe

Resultats exprimés en ppb par rapport au poids frais

Rivières			Chevaines			Anguilles
			Femelle	Mâles	Immatures	
Aisne	Bomal	24 congénères 7 traceurs				1612 ± 253 966 ± 139
	Haut-Roche	24 congénères 7 traceurs				1138 694
Ourthe	Comblain-la-Tour	24 congénères 7 traceurs	63 ± 19 38 ± 12	78 ± 42 47 ± 25		669 ± 184 381 ± 108
	Tilff-Colonster	24 congénères 7 traceurs	32 17	71 ± 46 38 ± 23		387 ± 45 231 ± 33
	Hotton	24 congénères 7 traceurs	13 ± 8 7 ± 4	9 ± 6 5 ± 3		187 ± 48 101 ± 19
	Houffalize	24 congénères 7 traceurs	6 ± 1 4 ± 1	9 ± 4 6 ± 2		Absentes (Barrage de Nisramont)
	Ortho	24 congénères 7 traceurs	11 ± 10 8 ± 6	3 ± 1 3 ± 1	2 2	Absentes (Barrage de Nisramont)
	Maboge	24 congénères 7 traceurs				92 ± 17 66 ± 13
	Angleur	24 congénères 7 traceurs	66 36	323 ± 249 176 ± 133		849 ± 602 447 ± 328
	Nisramont	24 congénères 7 traceurs	11 ± 7 8 ± 4	7 ± 3 5 ± 1		113 ± 34 80 ± 21
	Barvaux	24 congénères 7 traceurs	29 ± 8 17 ± 4	9 6		560 ± 146 271 ± 76
	Bardonwez	24 congénères 7 traceurs	6 ± 2 5 ± 2	8 7		75 ± 46 57 ± 32

Tableau 29 d : Concentration moyenne en PCBs (24 congénères et 7 traceurs) en ppb (ng/g) par rapport au poids frais pour les rivières échantillonnées dans les sous-bassins de la Sambre et de la Semois-Chiers (bassin de la Meuse)

1. BASSIN DE LA MEUSE

Sous bassin de la Sambre

Resultats exprimés en ppb par rapport au poids frais

Rivières			Chevaines			Anguilles	Brèmes	
			<u>Femelles</u>	<u>Mâles</u>	<u>Immatures</u>		<u>Femelles</u>	<u>Mâles</u>
Eau d'heure	Jamioux	24 congénères	55 ± 26	44 ± 2		Absentes (barrages de la Sambre)		
		7 traceurs	38 ± 15	31 ± 2				
Hantes	Wiheries	24 congénères	81 ± 23	64 ± 21		Absentes (barrages de la Sambre)		
		7 traceurs	52 ± 14	41 ± 14				
Sambre	Landefies	24 congénères	218 ± 36	338			307 ± 179	
		7 traceurs	123 ± 17	171			152 ± 82	
	Marchienne-au-Pont	24 congénères	Pas cherchés à cet endroit				159 ± 117	82
		7 traceurs					69 ± 36	38

Sous bassin de la Semois-Chiers

Resultats exprimés en ppb par rapport au poids frais

Rivières			Chevaines			Anguilles	Goujons	
			<u>Femelles</u>	<u>Mâles</u>	<u>Immatures</u>		<u>Femelles</u>	<u>Mâles</u>
Rulles	Marbehan	24 congénères	9 ± 4					
		7 traceurs	7 ± 2					
	Habay-la-Vieille	24 congénères					6 ± 3	10 ± 4
		7 traceurs					5 ± 2	8 ± 3
Semois	Bohan	24 congénères	30 ± 3	17 ± 4		198 ± 70		
		7 traceurs	17 ± 2	10 ± 2		117 ± 41		
	Chiny	24 congénères	6 ± 6	11 ± 6		480		
		7 traceurs	4,8 ± 4,4	7,7 ± 4,1		318		
Ton	Lamoiteau	24 congénères	11 ± 6		9±5		11 ± 12	11 ± 6
		7 traceurs	7 ± 4		64 ± 3		8 ± 8	7 ± 5
	Hannoncourt	24 congénères					7 ± 2	7 ± 3
		7 traceurs					6 ± 1	7 ± 2

Tableau 29 e : Concentration moyenne en PCBs (24 congénères et 7 traceurs) en ppb (ng/g) par rapport au poids frais pour les rivières échantillonnées dans le sous-bassin de la Vesdre (bassin de la Meuse) et dans le sous-bassin de la Moselle (bassin du Rhin)

1. BASSIN DE LA MEUSE

Sous bassin de la Vesdre

Resultats exprimés en ppb par rapport au poids frais

Rivières			Chevaines			Anguilles	Goujons	
			Femelles	Mâles	Immatures		Femelles	Mâles
Hoegne	Theux	24 congénères	16 ± 5	15 ± 7		Absentes (barrage de la Vesdre)		
		7 traceurs	10 ± 3	10 ± 4				
Vesdre	Vaux-ss-Chèvremont	24 congénères	1161 ± 378	170		2777 ± 975	35 ± 17	48 ± 28
		7 traceurs	635 ± 202	89		1501 ± 543	23 ± 12	33 ± 20
	Chénée	24 congénères				3240		
		7 traceurs				1958		
	Chaufontaine	24 congénères	84	271 ± 57		1486 ± 1229		
7 traceurs		41	129 ± 28		683 ± 557			
Nessonvaux	24 congénères	192 ± 39	151					
	7 traceurs	109 ± 23	91					
Aval Dolhain	24 congénères	Pêche infructueuse				Pêche infructueuse		
	7 traceurs							

2. BASSIN DU RHIN

Sous bassin de la Moselle

Resultats exprimés en ppb par rapport au poids frais

Rivières			Chevaines			Anguilles	Barbeaux	
			Femelles	Mâles	Immatures		Femelles	Mâles
Our	Ouren	24 congénères	29 ± 9		32		253 ± 382	
		7 traceurs	16 ± 5		16		129 ± 193	
	Andler	24 congénères	9 ± 3	5				
		7 traceurs	7 ± 2	4				
Sure	Martelange	24 congénères	6 ± 1	6 ± 3		68 ± 24		
		7 traceurs	4 ± 1	4 ± 2		40 ± 14		

Tableau 29 f : Concentration moyenne en PCBs (24 congénères et 7 traceurs) en ppb (ng/g) par rapport au poids frais pour les rivières échantillonnées dans les sous-bassins de la Dendre, de l'Escaut-Lys et de l'Haine (bassin de l'Escaut)

3. BASSIN DE L'ESCAUT

Sous bassin de la Dendre

Resultats exprimés en ppb par rapport au poids frais

Rivières		24 congénères: 7 traceurs	Chevaines			Anguilles	Brèmes	
			Femelles	Mâles	Immatures		Femelles	Mâles
Dendre	Les sines	24 congénères: 7 traceurs	Pêche infructueuse			Pêche infructueuse	Pêche infructueuse	
	Ath	24 congénères: 7 traceurs	Pas cherchés à cet endroit				253 ± 23	201 ± 199
						136 ± 18	113 ± 108	

Sous bassin de l'Escaut-Lys

Resultats exprimés en ppb par rapport au poids frais

Rivières		24 congénères: 7 traceurs	Chevaines			Anguilles	Brèmes	
			Femelles	Mâles	Immatures		Femelles	Mâles
Escaut	Kain	24 congénères: 7 traceurs	Pas cherchés à cet endroit				159 ± 117	129 ± 12
						88 ± 60	74 ± 10	

Sous bassin de l'Haine

Resultats exprimés en ppb par rapport au poids frais

Rivières		24 congénères: 7 traceurs	Chevaines			Anguilles	Brèmes	
			Femelles	Mâles	Immatures		Femelles	Mâles
Trouille	Givry	24 congénères: 7 traceurs	18 ± 2	30 ± 3				
			11 ± 1	18 ± 2				
Grande-Honnelle	Baisieux	24 congénères: 7 traceurs	178 ± 200	52				
			97 ± 98	32				

4.2.2.b.1.2. Comparaison par rapport aux normes de consommation

Les Figure 23 à Figure 28 présentent les concentrations moyennes de la somme des 7 PCBs traceurs, évoqués dans l'AR du 6 mars 2002, mesurées dans les chevaines (mâles et femelles) et dans les anguilles prélevées pour l'étude. Ces figures reprennent, d'une part, les concentrations exprimées en ng/g de poids frais et, d'autre part, les pourcentages de dépassement de la norme pour chacune des deux espèces. Il faut souligner qu'il ne s'agit que d'une image fragmentaire de la situation en matière de contamination des poissons sentinelles par les PCBs en Région wallonne dans la mesure où un nombre encore limité de stations et de rivières wallonnes ont fait l'objet d'une étude.

Il ressort de l'examen de ces figures que les anguilles présentent toujours des concentrations en PCBs supérieures aux normes, excepté les individus prélevés dans la Sûre à Martelange et dans l'Ourthe à Maboge et à Bardonwez (Figure 27). Pour les chevaines, la situation est moins préoccupante car seuls les individus provenant de la Vesdre à Vaux-sous-Chèvremont, de la Meuse à Lixhe/Visé et de la Sambre à Landelies dépassent la norme de 75 ng/g poids frais (Figure 23 et Figure 25). Les chevaines mâles prélevés dans la Vesdre à Chaudfontaine et dans l'Ourthe à Angleur ainsi que les chevaines femelles prélevées dans la Grande-Honnelle à Baisieux et dans la Vesdre à Nessonvaux présentent également des concentrations en PCBs supérieures à la norme.

Les pourcentages moyens de dépassement de la norme¹⁹³ pour tous les échantillons sont présentés Figure 24, Figure 26 et Figure 28. Pour les chevaines, les pourcentages de dépassement des normes dans la Meuse et la Vesdre sont compris entre 10 % et 600 %, tandis que pour les anguilles les pourcentages de dépassement varient entre 25 et 2500 % sur l'ensemble des rivières. Des dépassements aussi élevés chez les anguilles sont liés aux fortes teneurs en PCBs décelées dans les muscles de ces poissons. Ces concentrations élevées en PCBs sont, quant à elles, à mettre en relation avec les fortes teneurs en lipides des muscles de ce poisson (voir point 4.2.2.b.1.1).

Les deux cartes ci-dessous illustrent le niveau de contamination des anguilles (Carte 1) et des chevaines (Carte 2) par les PCBs dans les différentes stations d'échantillonnage.

Il est fort probable que la consommation de poissons dont les niveaux de contamination dépassent les normes établies présente un risque pour la santé humaine. Il apparaît donc nécessaire de connaître les zones au niveau desquelles les poissons sont contaminés (dépassement des normes) afin d'éventuellement interdire la consommation de ces poissons en attendant d'avoir pu résoudre le problème.

¹⁹³ Les pourcentages de dépassement de la norme sont calculés à partir des concentrations en PCBs (par rapport au poids frais) pour les 7 congénères traceurs. Pour rappel, cette norme stipule l'interdiction de commercialiser des poissons ou produits dérivés dont les concentrations en PCBs (somme des 7 congénères traceurs) dépassent 75 ng/g de produit frais. Le calcul des pourcentages de dépassement est effectué suivant la formule:

$$\frac{(\text{Concentration en PCBs} - 75) * 100}{75} = \text{pourcentage de dépassement}$$

OU

Concentration en PCBs désigne la concentration moyenne en 7 PCBs traceurs décelée dans les poissons de même sexe et de même espèce provenant de la même station.

Figure 23 : Comparaison des concentrations en PCBs (7 traceurs) dans le muscle des chevaines femelles par rapport à la norme actuelle de 75 ng/g de poids frais. La signification des acronymes utilisés est présentée en Annexe 11.

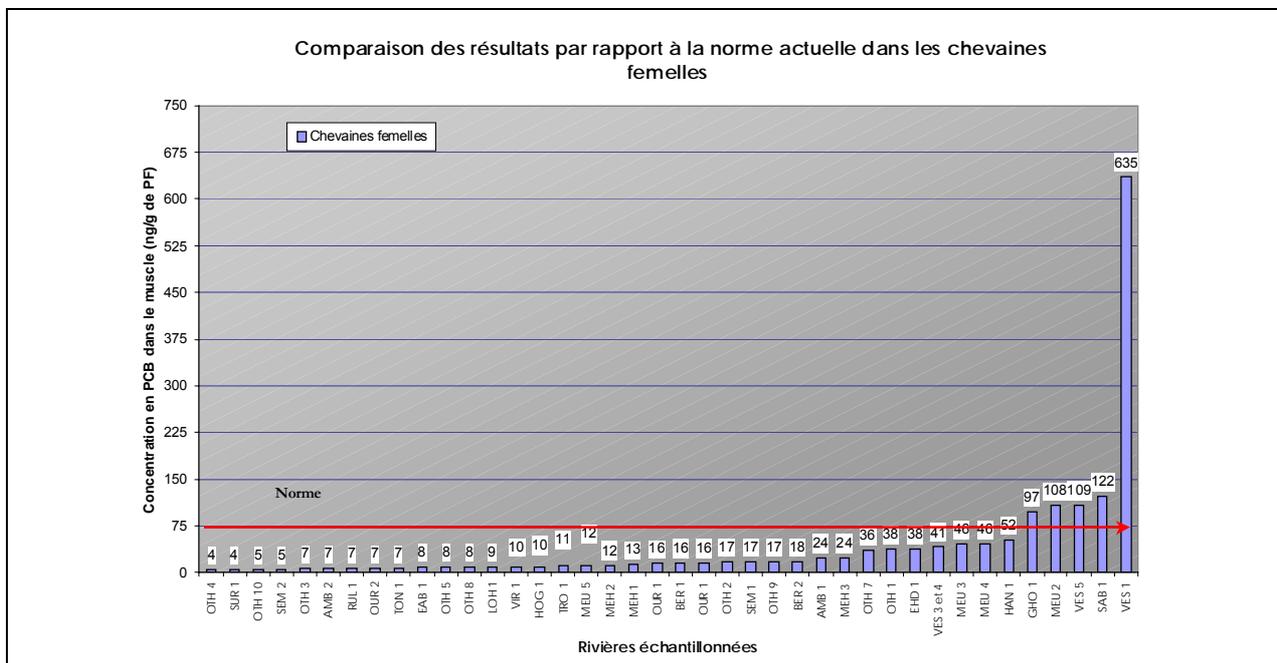


Figure 24 : Pourcentage de dépassement des concentrations en PCBs (7 traceurs) dans le muscle des chevaines femelles par rapport à la norme actuelle de 75 ng/g de poids frais. La signification des acronymes utilisés est présentée en Annexe 11.

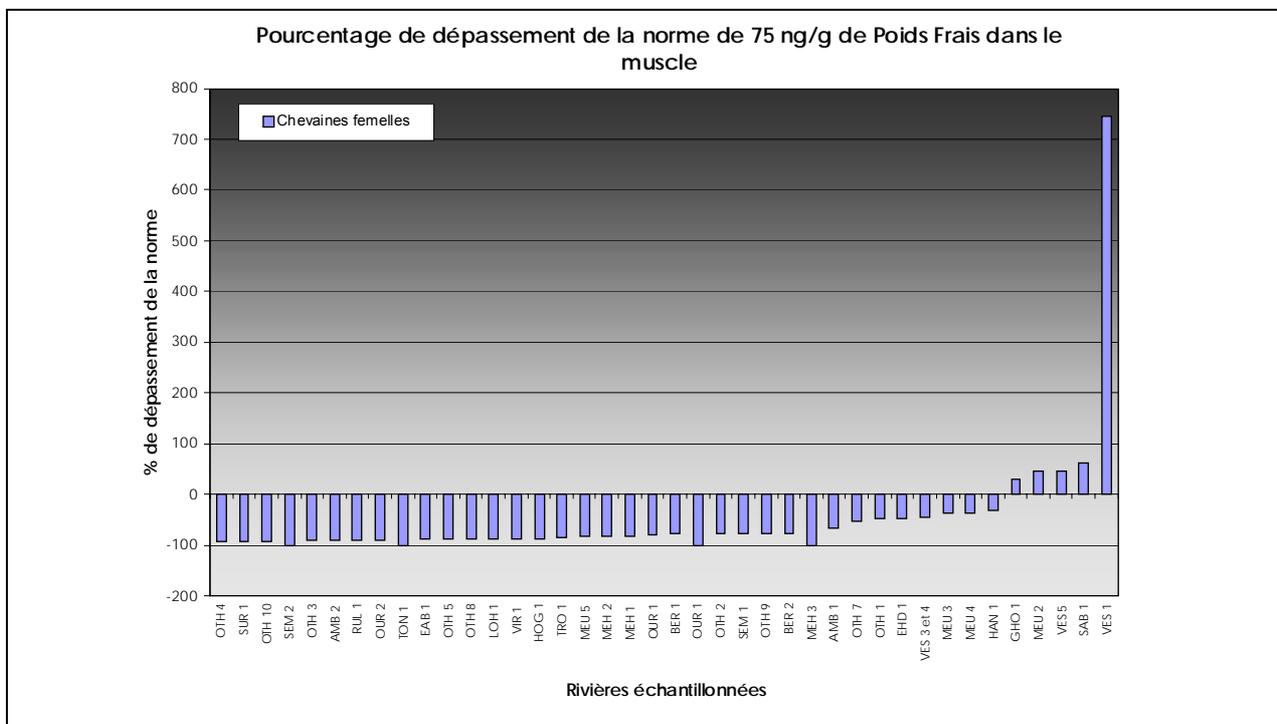


Figure 25 : Comparaison des concentrations en PCBs (7 traceurs) dans le muscle des chevaines mâles par rapport à la norme actuelle de 75 ng/g de poids frais. La signification des acronymes utilisés est présentée en Annexe 11.

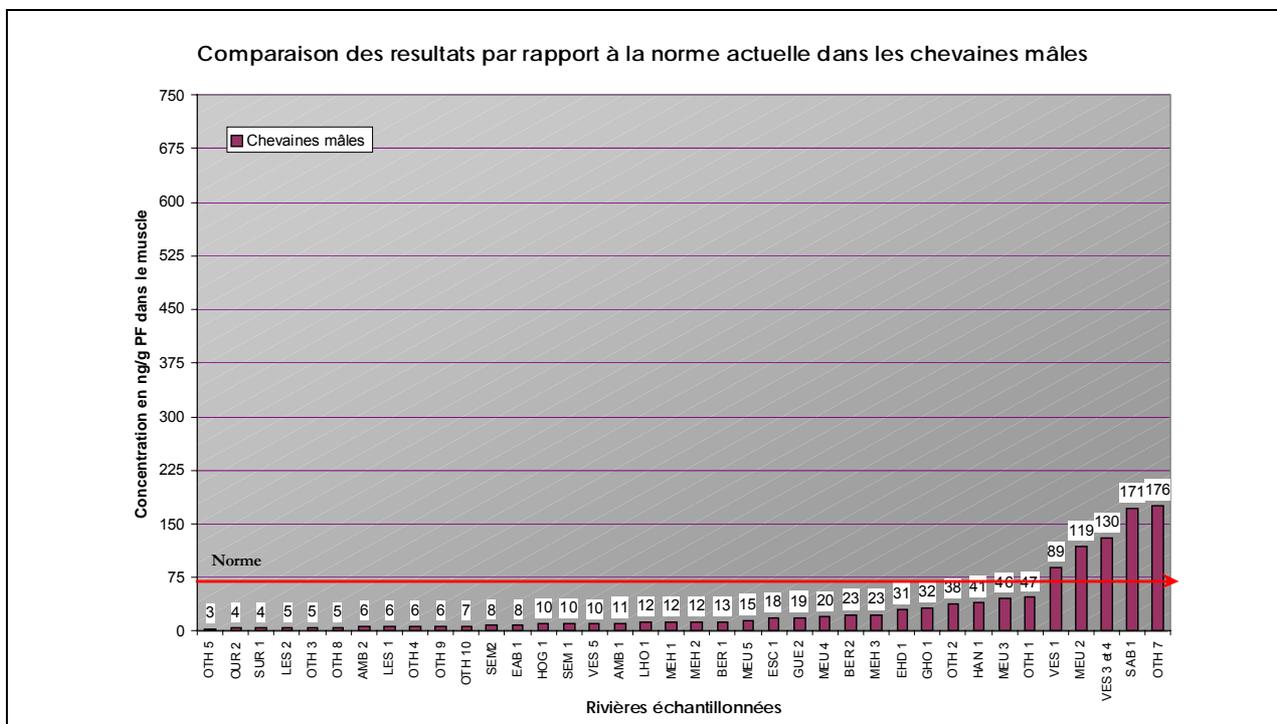


Figure 26 : Pourcentage de dépassement des concentrations en PCBs (7 traceurs) dans le muscle des chevaines mâles par rapport à la norme actuelle de 75 ng/g de poids frais. La signification des acronymes utilisés est présentée en Annexe 11.

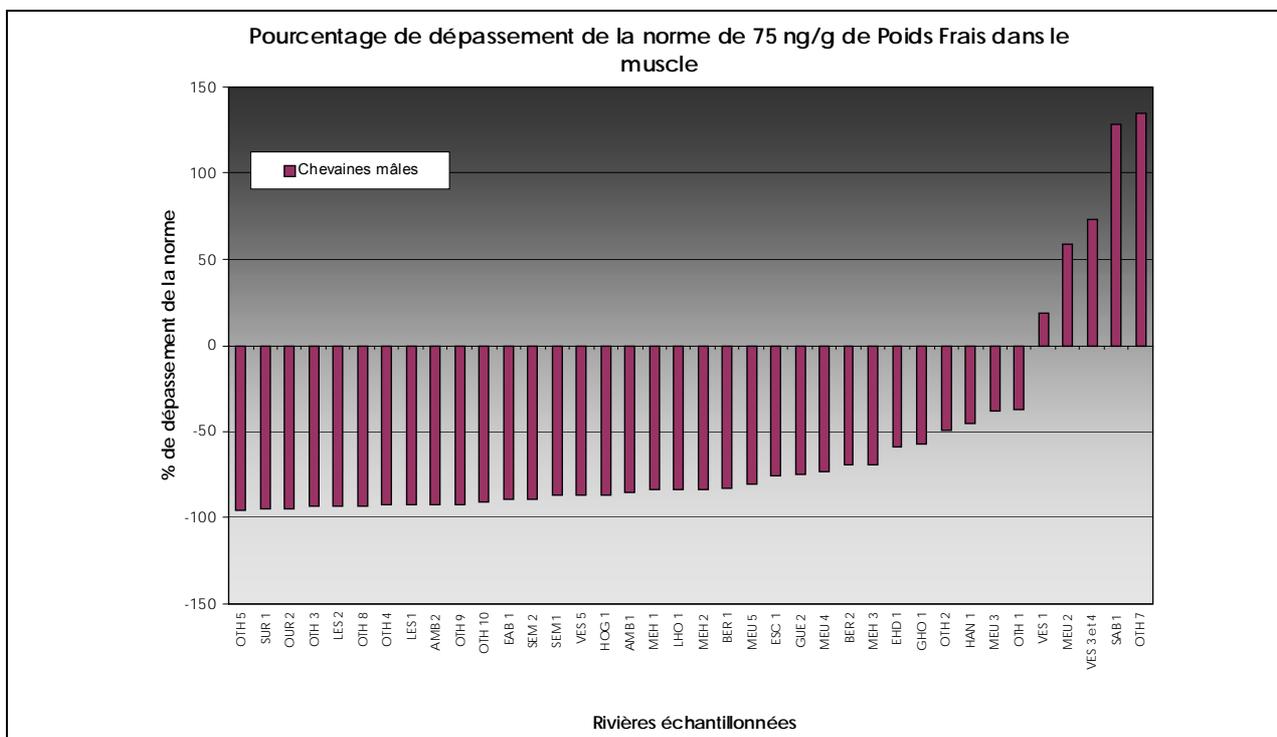


Figure 27 : Comparaison des concentrations en PCBs (7 traceurs) dans le muscle des anguilles par rapport à la norme actuelle de 75 ng/g de poids frais. La signification des acronymes utilisés est présentée en Annexe 11

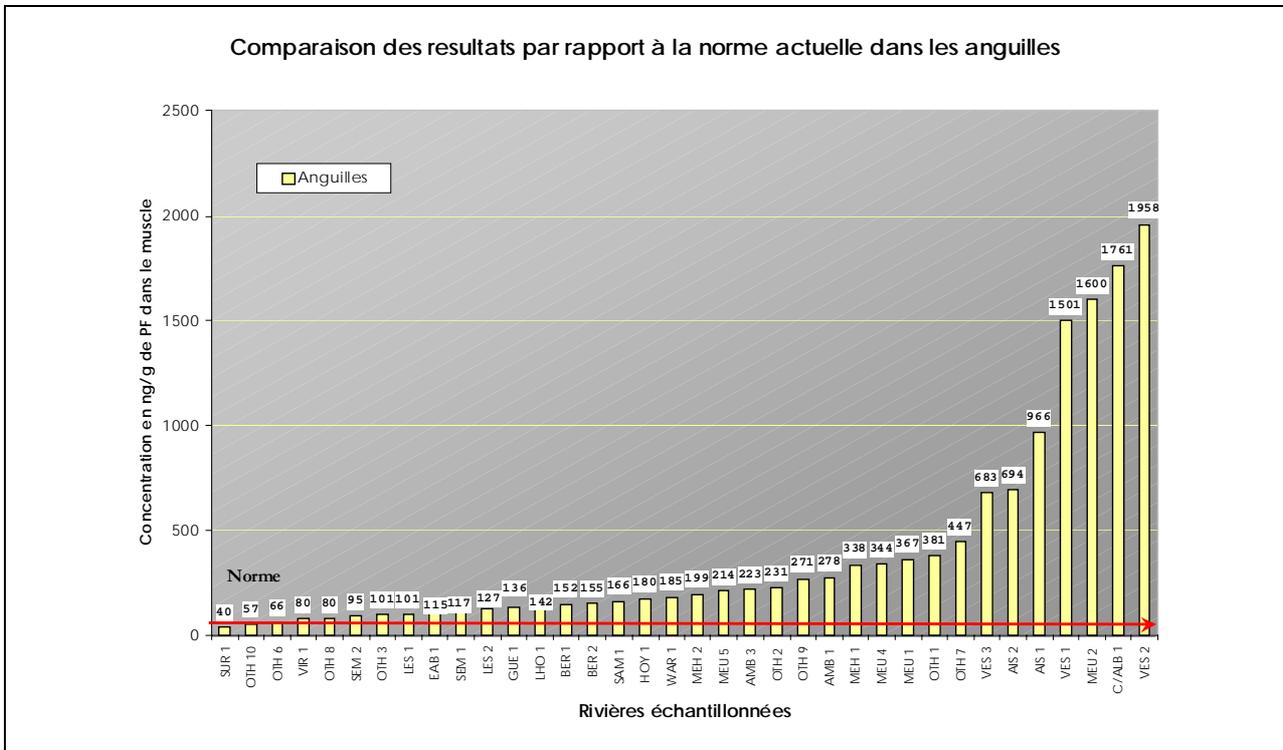
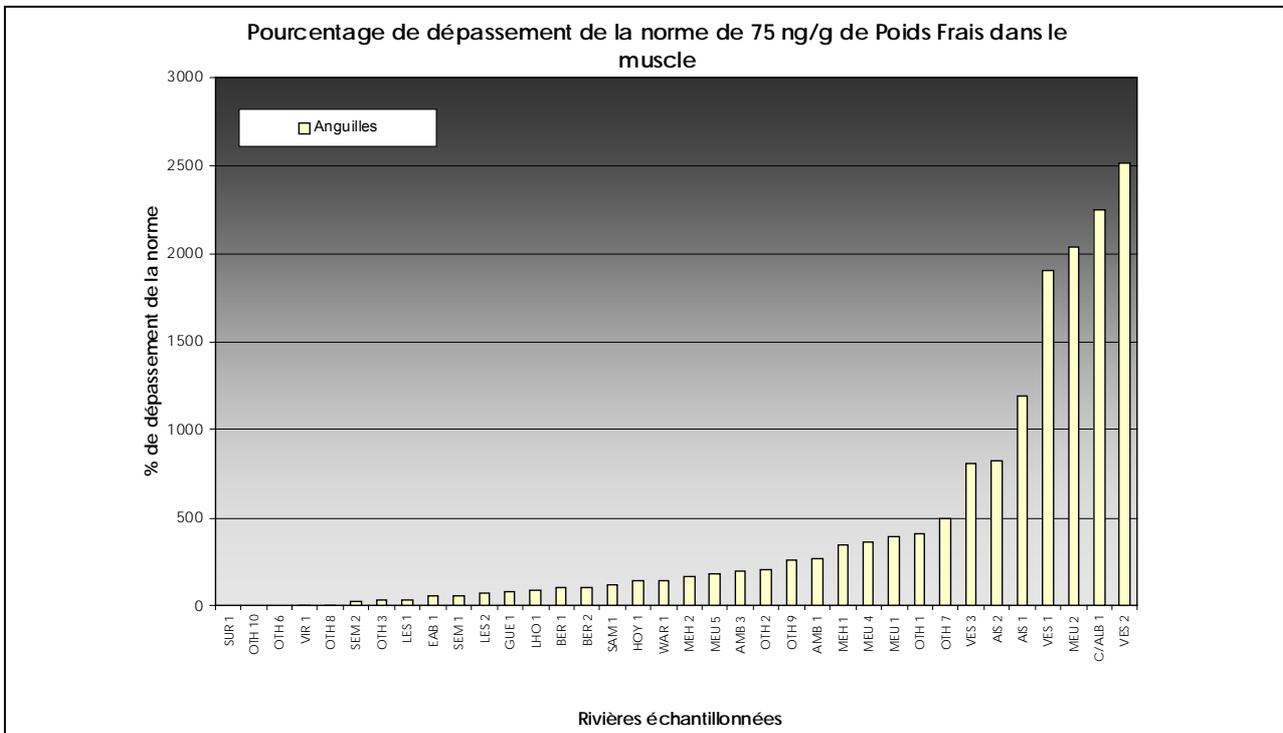
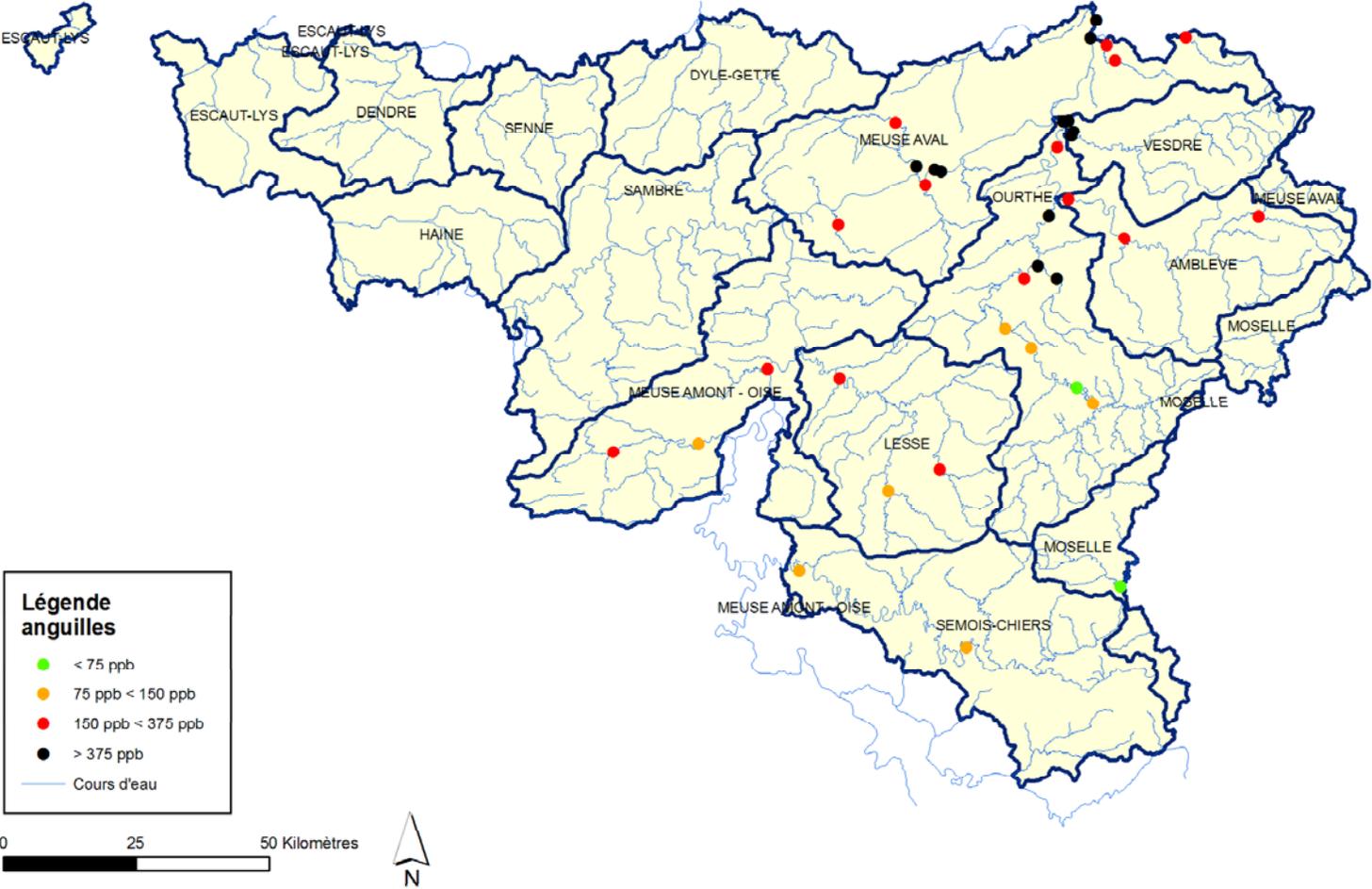


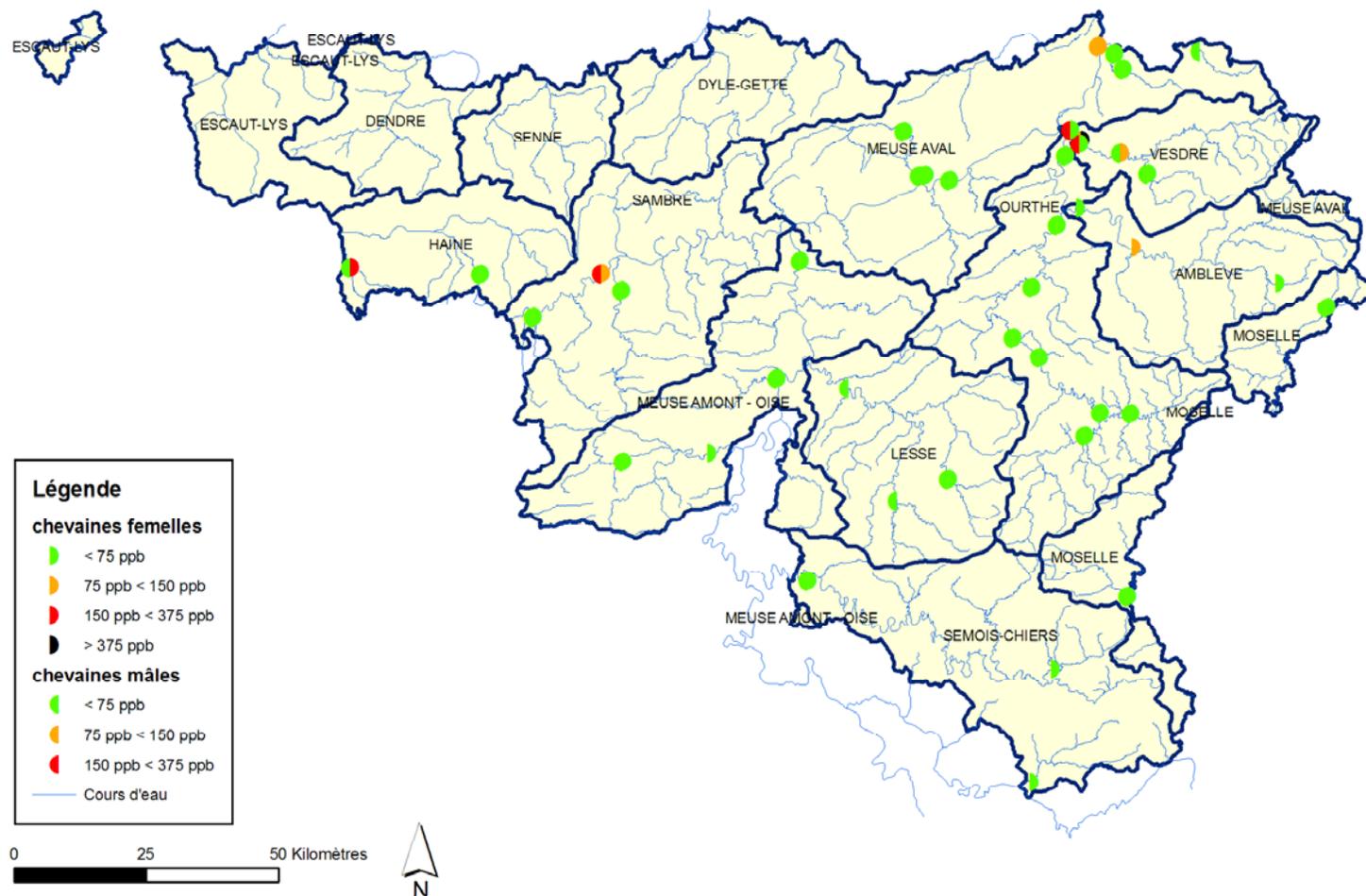
Figure 28 : Pourcentage de dépassement des concentrations en PCBs (7 traceurs) dans le muscle des anguilles par rapport à la norme actuelle de 75 ng/g de poids frais. La signification des acronymes utilisés est présentée en Annexe 11



Carte 1 : Niveau de contamination des anguilles par les PCBs (ng/g poids frais) dans les rivières wallonnes



Carte 2 : Niveau de contamination des chevaines par les PCBs (ng/g poids frais) dans les rivières wallonnes

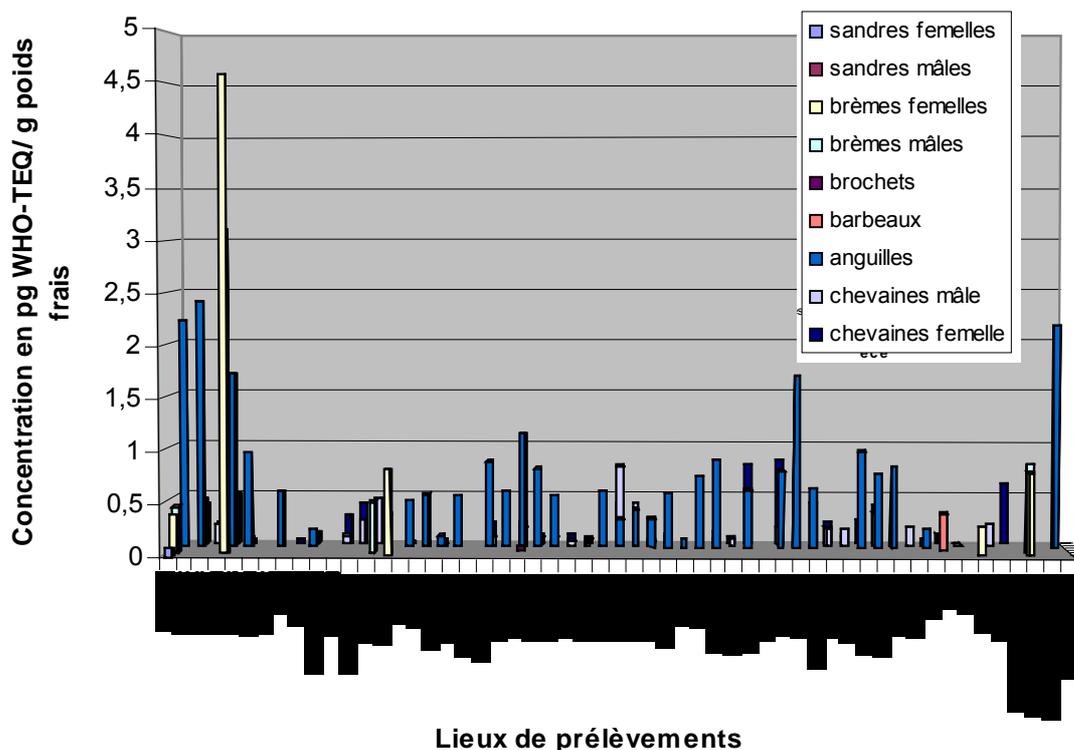


4.2.2.b.2. Concentrations en dioxines

Les niveaux de contamination en PCDDs et en PCDFs ont également été déterminés dans les chevaines et les anguilles prélevés dans les différentes stations d'échantillonnage en Région wallonne dans le cadre de l'étude de la contamination des rivières (voir page 81, paragraphe 4.2.1.b.1. Concentrations en PCBs.). Les concentrations exprimées en pg TEQ-OMS/g de poids frais les plus élevées ont été décelées tant dans les anguilles que dans les chevaines prélevés dans la Meuse, le Canal Albert et la Vesdre. Les niveaux de contamination des poissons en PCDDs et en PCDFs les plus élevés ne dépassent jamais la norme de 4 pg TEQ-OMS/g de poids frais fixée dans le Règlement européen n° 2375/2001, à l'exception des brèmes femelles prélevées dans la Meuse à Ben-Ahin/Ampsin. Cependant, seules les brèmes femelles prélevées dans cette station présentaient des concentrations en PCDDs supérieures aux normes. De plus, seules deux brèmes femelles ayant pu être prélevées et analysées, l'échantillonnage n'est pas suffisant pour tirer des conclusions définitives.

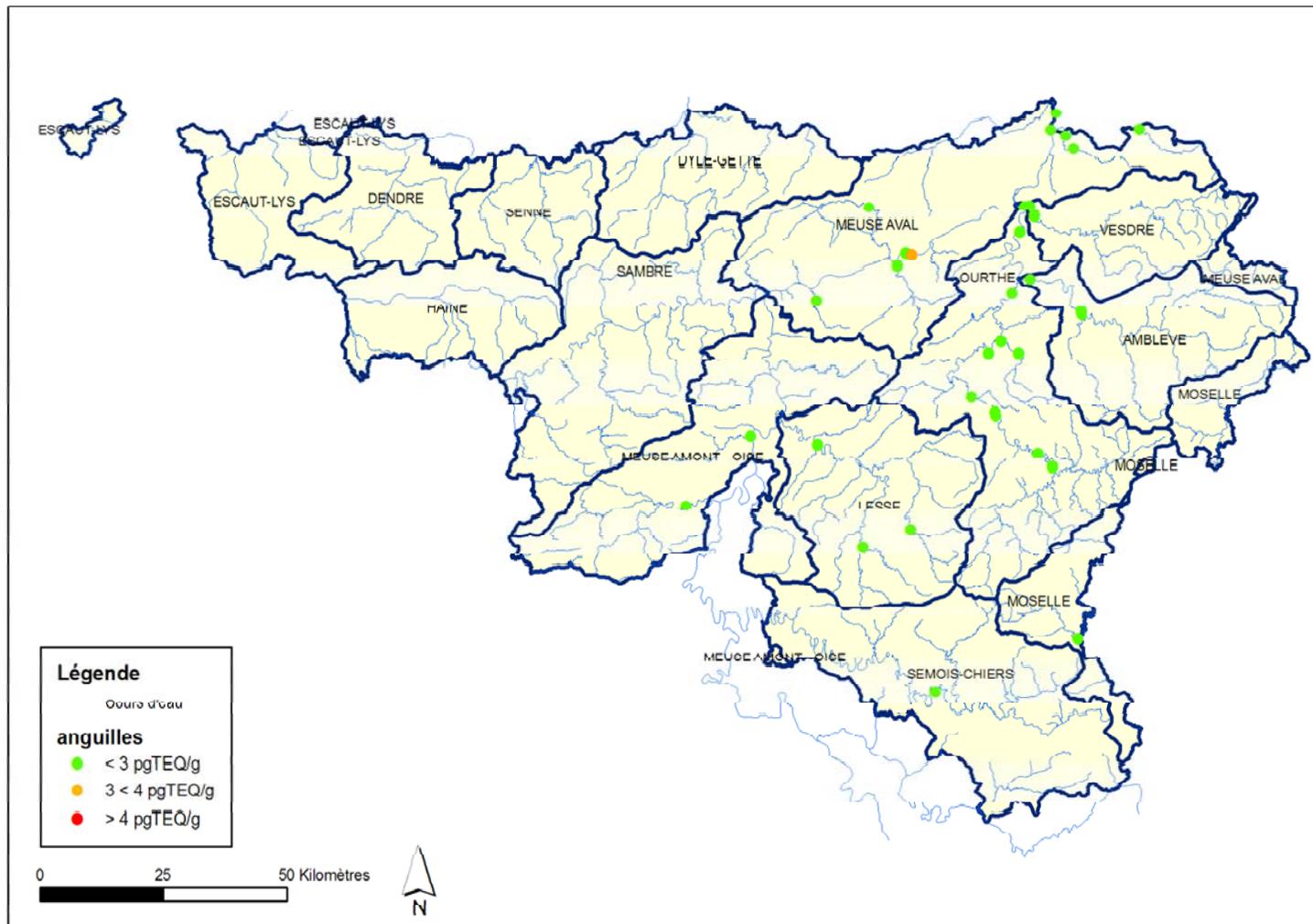
La Figure 29 présente les concentrations en PCDDs et PCDFs exprimées en pg TEQ-OMS/g de poids frais mesurées dans les muscles des poissons prélevés en Région wallonne.

Figure 29: Concentrations en PCDDs et PCDFs exprimées en pg TEQ-OMS/g de poids frais mesurées dans les muscles des poissons prélevés en Région wallonne

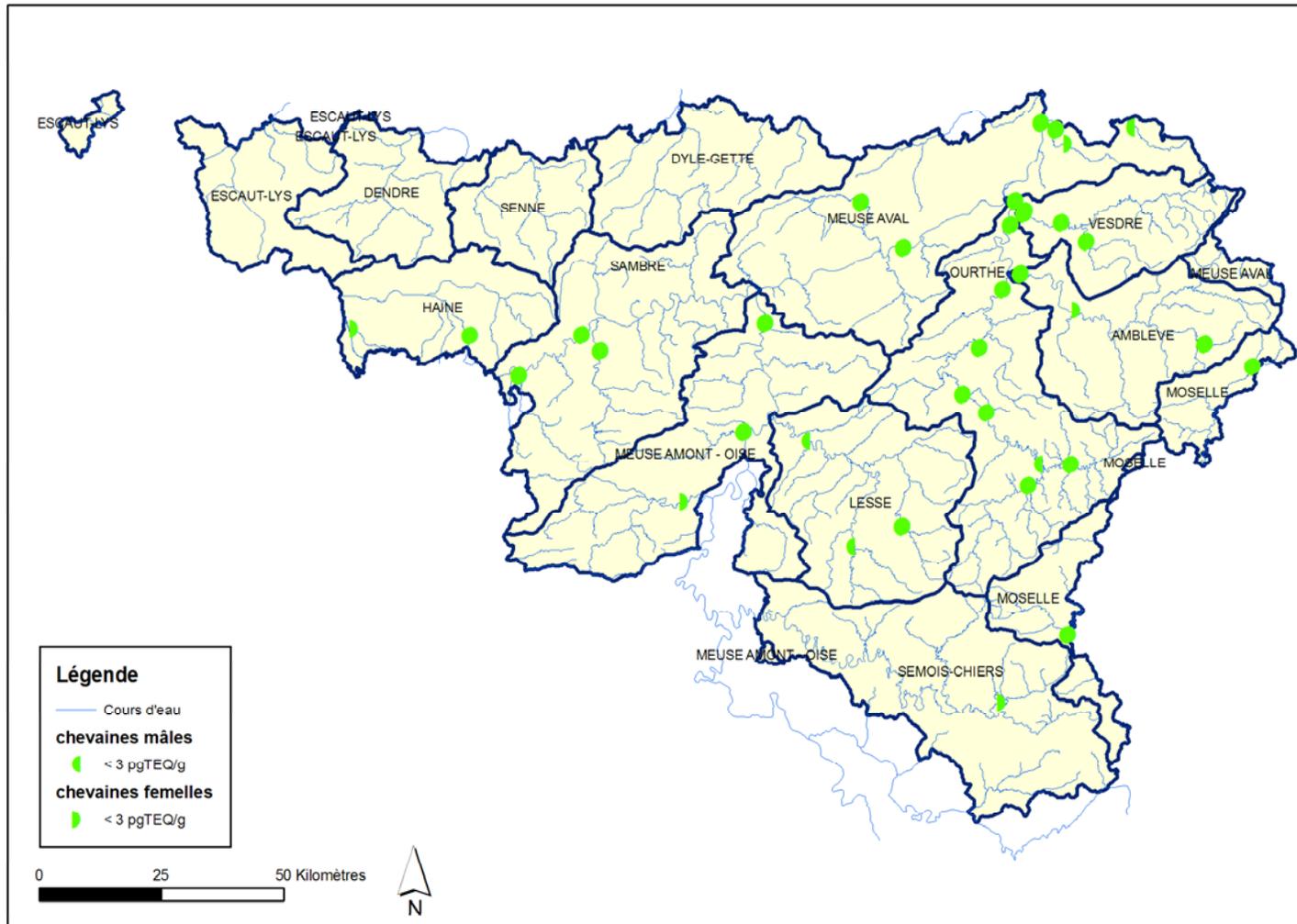


Les cartes ci-dessous montrent le niveau de contamination des anguilles (Carte 3), des chevaines (Carte 4) et des autres espèces de poissons prélevées (Carte 5) par les dioxines dans les différentes stations échantillonnées.

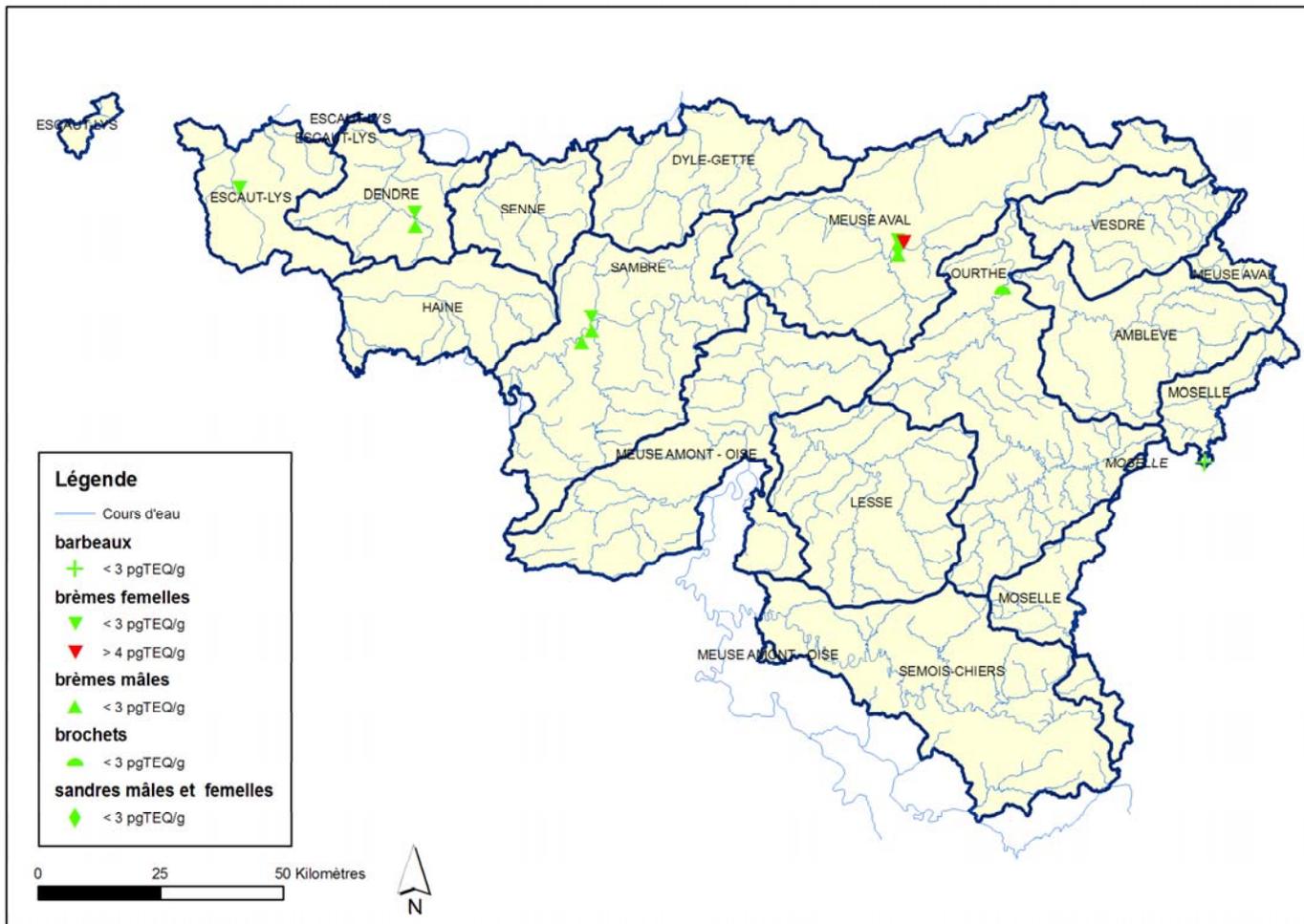
Carte 3 : Niveau de contamination des anguilles par les PCDDs et PCDFs (pg OMS-TEQ/g poids frais) dans les rivières wallonnes



Carte 4 : Niveau de contamination des chevaines par les PCDDs et PCDFs (pg OMS-TEQ/g poids frais) dans les rivières wallonnes



Carte 5: Niveau de contamination des brèmes, des sandres, des barbeaux et des brochets par les PCDDs et PCDFs (pg OMS-TEQ/g poids frais) dans les rivières wallonnes



5. Réponses

5.1. Moyens mis en œuvre pour la réduction des micropolluants dans les eaux

Acteur visé par l'instrument	Acteur d'origine	Mesures	Instruments						Objectif	Evaluation
			R ¹⁹⁴	T ¹⁹⁵	E ¹⁹⁶	P ¹⁹⁷	I ¹⁹⁸	V ¹⁹⁹		
Industries et ménages	Pouvoirs publics : Région wallonne	Taxe sur les déversements des eaux usées industrielles et domestiques			*				Réduire la charge polluante des eaux usées déversées	
Ménages	Pouvoirs publics : Région wallonne	Taxe sur l'eau : « coût-vérité »			*				Réduire la charge polluante des eaux usées déversées	
Public, industries, institutions,...	Pouvoirs publics : Région wallonne	Enquête publique sur la gestion de l'eau en Wallonie					*	*	Encourager la participation active des parties concernées (e.g. acteurs de l'eau, public) à la mise en œuvre de la directive européenne cadre eau (2000/60/CE)	
Public	Pouvoirs publics : Région wallonne	Organisations des journées wallonnes de l'eau					*		Informier et conscientiser le public aux problématiques de l'eau	
Riverains, pouvoirs publics, agriculteurs, industriels, écoles,...	Pouvoirs publics : Région wallonne	Contrats de rivière						*	Rassembler divers acteurs d'une vallée en vue de définir consensuellement un programme d'actions de restauration des cours d'eau, de leurs abords et des ressources en eau du bassin	

¹⁹⁴ Instrument réglementaire

¹⁹⁵ Instrument technologique

¹⁹⁶ Instrument économique

¹⁹⁷ Instrument de planification

¹⁹⁸ Instrument informationnel

¹⁹⁹ Instrument volontaire

Pouvoirs publics	Pouvoirs publics	Développement et mise en œuvre de réseaux de mesure (e.g. AGW du 12 septembre 2002 ²⁰⁰)	*						Suivre la qualité des eaux et prévoir des mesures de restauration de l'environnement
Industriels	Pouvoirs publics	Applications des Best Available Techniques (BAT) ²⁰¹	*	*					Minimiser les rejets industriels de polluants
Agriculteurs	Comité régional PHYTO	Vulgarisation des bonnes pratiques agricoles ²⁰² (site web, articles dans la presse agricole, présentation orale, rédaction d'un Guide des bonnes pratiques,...)					*	*	Modifier le comportement des agriculteurs afin d'optimiser les utilisations des pesticides tout en respectant au mieux l'environnement
Agriculteurs	Pouvoirs publics	Arrêté ministériel du 23 août 2001 relatif au contrôle obligatoire des pulvérisateurs	*						Minimiser les pertes de pesticides dans l'environnement
Industriels	Pouvoirs publics	Décret du 11 mars 1999 relatif au permis d'environnement	*						Réduire la pollution causée par les rejets de polluants des établissements industriels en fixant, notamment, des conditions sectorielles de rejets de polluants dans les eaux
Pouvoirs publics, agriculteurs	Pouvoir publics	Programme fédéral de réduction des pesticides à usage agricoles et des biocides (Arrêté royal du 22 février 2005)	*						Réduire, pour l'environnement et la santé, les risques liés à l'utilisation des pesticides et des biocides
Agriculteurs	Pouvoir publics	Arrêté royal du 28 février 1994 relatif à la conservation, à la mise sur le marché et à l'utilisation des pesticides à usage agricole	*						Eviter la nuisance des pesticides ²⁰³ sur les cultures avoisinantes, l'environnement et la santé des

²⁰⁰ Arrêté du gouvernement wallon du 12 septembre 2002 visant à adapter la liste des substances pertinentes de l'arrêté du gouvernement wallon du 29 juin 2000 relatif à la protection des eaux de surface contre la pollution causée par certaines substances dangereuses

²⁰¹ Il s'agit de documents (les BREFS, pour Bat REference documents) établis par le « European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau » qui établissent pour un certain nombre de secteur industriel les principaux problèmes environnementaux rencontrés et qui définissent les meilleures techniques disponibles (BAT en anglais) afin de limiter les émissions de polluants dans l'environnement.

²⁰² Exemples de bonnes pratiques : présence de tournières enherbées qui, selon des essais, peuvent permettre d'éviter plus de 90 % des pertes d'isoproturon au champ (Perspectives Agricoles – n°261, octobre 2000), respect d'une distance minimale avec le ruisseau lors de la pulvérisation, plantation d'un matériel végétal sain et de variétés résistantes ou tolérantes, pulvérisation lors de conditions météorologiques optimales, éviter le désherbage total des talus,...

²⁰³ En obligeant notamment que les eaux de lavage ainsi que les surplus de traitement (fonds de cuves), soient recueillis et traités d'une manière telle que les eaux de mer, les cours d'eau, sources, étangs, mares, abreuvoirs, nappes aquifères et puits d'eau ne puissent être pollués (interdiction de rejets ponctuels dans les cours d'eau, les égouts, sur les surfaces imperméables)

									hommes et des animaux utiles
Agriculteurs	ASBL Phytofar- Recover	Système de collecte et de traitement des emballages vides de produits phytopharmaceutiques						*	Eviter le brûlage, l'abandon, l'enfouissement ou la réutilisation de bidons ayant contenu des produits phytopharmaceutiques
Industriels	Pouvoirs publics	Restrictions d'usage de certains micropolluants (e.g. directive 91/414/CEE ²⁰⁴ , directive 76/769/CEE ²⁰⁵)	*						Minimiser l'impact de certains polluants sur l'environnement et la santé humaine
Industriels, citoyens	Pouvoirs publics	Obligation de reprise et de recyclage de certains déchets (e.g. Décret du 27 juin 1996 ²⁰⁶ , AGW du 25 avril 2002 ²⁰⁷)	*						Minimiser l'impact de certains polluants sur l'environnement et la santé humaine
Communes, citoyens	Pouvoirs publics	Toute la législation relative à l'épuration publique et privée des eaux usées (PCGE ²⁰⁸ , PASH ²⁰⁹ , prime à l'épuration individuelle,...)	*	*	*	*			Augmenter les volumes d'eaux usées épurés
Agriculteurs	Pouvoirs publics	Soutien de l'agriculture biologique (primes)	*		*				Inciter les agriculteurs à employer des pratiques plus respectueuses de l'environnement
Université, bureaux d'étude, centres de recherche	Pouvoirs publics, industries	Financement de travaux de recherches scientifiques			*				Améliorer les connaissances (permettant de mieux appréhender certaines problématiques)
Producteurs d'eau, agriculteurs, citoyens, industries	Pouvoirs publics	Zones de protection des captages (ex : étanchéification des cuves à mazout)	*						Protéger la qualité des eaux destinées à la consommation humaine contre toute pollution

²⁰⁴ Directive 91/414/CEE du Conseil, du 15 juillet 1991, concernant la mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques

²⁰⁵ Directive 76/769/CEE du Conseil, du 27 juillet 1976, concernant le rapprochement des dispositions législatives, réglementaires et administratives des États membres relatives à la limitation de la mise sur le marché et de l'emploi de certaines substances et préparations dangereuses

²⁰⁶ Décret du 27 juin 1996 relatif aux déchets

²⁰⁷ Arrêté du Gouvernement wallon du 25 avril 2002 instaurant une obligation de reprise de certains déchets en vue de leur valorisation ou de leur gestion

²⁰⁸ PCGE = Plan Communaux Généraux d'Egouttage

²⁰⁹ PASH = Plan d'Assainissement de Sous bassins Hydrographiques

Industries	Pouvoirs publics	Eliminations des appareils contenant des PCBs	*						Eliminer les rejets de PCBs	
		Plans de gestions				*				

5.2. Synthèse de la qualité des eaux de surface en relation avec l'évolution des législations et des objectifs de qualité

Sur les 15 micropolluants considérés comme les plus problématiques en Région wallonne certains sont plus préoccupants que d'autres et poseront certainement toujours problème dans les prochaines années à venir. Le Tableau 30 classe ces 15 micropolluants en fonction de leur évolution observée ces dernières années et donne donc une indication du degré de la problématique que pose chacun de ces micropolluants.

Tableau 30 : Situation évolutive des 15 micropolluants considérés comme problématiques en Région wallonne

Micropolluants pour lesquels la situation s'améliore	Micropolluants pour lesquels la situation est relativement constante	Micropolluants pour lesquels la situation se détériore	Micropolluants pour lesquels aucune tendance nette ne peut être déduite
<ul style="list-style-type: none"> - atrazine*° - hexachlorocyclohexane (lindane)*° - isoproturon* - pyrazon* - phosphate de tributyle* 	<ul style="list-style-type: none"> - cadmium*° - chrome* - zinc* - 1,2-dichloroéthane* 	<ul style="list-style-type: none"> - HAPs*° - 2-amino-4-chlorophénol* 	<ul style="list-style-type: none"> - Plomb* - dichlorométhane* - PCBs*° - toluène*

* : sur base de l'analyse de l'évolution des dépassements de normes (Tableau 23 et Figure 15)

° : sur base de l'analyse de l'évolution temporelle des niveaux de contamination (Figure 12)

L'évolution positive observée pour certains de ces micropolluants est souvent le résultat de mesures prises au niveau législatif. Ainsi l'utilisation d'atrazine et de lindane est interdite depuis quelques années et une taxe spécifique pour les produits contenant de l'isoproturon²¹⁰ a été instaurée. Le fait que la situation de tous les pesticides considérés comme problématiques en Région wallonne s'est améliorée démontre certainement l'efficacité de l'application des « Bonnes pratiques agricoles » et de la lutte intégrée qui incite l'utilisation de méthodes alternatives de lutte contre les ravageurs (mesures agri-environnementales sur base volontaire). Toutefois, ces pesticides ont peut-être été remplacés par d'autres et ces substances de « remplacement » pourraient également poser problème dans l'avenir, (e.g. glyphosate).

Il est donc important de garder en mémoire que ces 15 micropolluants ont été choisis parmi la liste des substances pertinentes de l'AGW du 12 septembre 2002, parce qu'elles présentaient des dépassements importants des normes fixées par cet arrêté²¹¹. Il est toutefois possible que, dans l'avenir, des nouvelles substances pertinentes soient identifiées et qu'elles deviennent à leur tour problématique en Région wallonne. Le glyphosate, par exemple, est une substance qu'il faudrait classer parmi les « substances pertinentes » car elle est très fréquente dans les cours d'eau et que ses concentrations sont en continuelle augmentation.

5.3. Proposition d'actions à mener

De façon à pouvoir mieux appréhender la problématique des micropolluants dans les différentes masses d'eau et, le cas échéant, à pouvoir remédier à certaines situations posant problème, nous avons identifié certains manquements en Région wallonne.

Ainsi, il serait intéressant et pertinent de :

²¹⁰ Arrêté royal du 19 août 1998 fixant les rétributions et cotisations dues au Fonds budgétaire des matières premières (abrogé par l'Arrêté royal 14 janvier 2004 fixant les rétributions et cotisations dues au Fonds budgétaire des matières premières et des produits) ; la taxe s'élève à 2,5 eur/kg de substance active mis sur le marché.

²¹¹ Exception faite du cadmium pour des raisons déjà explicitées.

- mesurer les micropolluants dans les eaux de pluie et réaliser un bilan complet avant que celles-ci ne rejoignent les cours d'eau (bilan des eaux de ruissellement) ;
- inclure le suivi des substances médicamenteuses et hormonales dans le réseau de mesure en eaux de surface (mais aussi dans les eaux destinées à la consommation humaine) ;
- estimer les retombées (sèches et humides) de micropolluants ;
- évaluer les apports transfrontaliers (atmosphérique et hydrologique) ;
- évaluer les émissions de micropolluants par le secteur domestique ;
- tenir un inventaire annuel « complet » des rejets de micropolluants par les industries (comme le fait l'EPER, mais tous les 3 ans et pour certaines activités industrielles seulement et lorsque les rejets dépassent un certain seuil) ;
- améliorer les outils d'évaluation intégrateurs des niveaux de contamination, afin de mieux estimer les risques « cumulés » pour l'environnement (synergie entre différents micropolluants) ;
- augmenter le nombre de contrôle des rejets industriels (respect des normes d'émissions) et contrôler également les industries qui ne possèdent pas d'autorisation de rejets (la DPE ne s'intéresse en effet qu'aux industries qui possèdent ce type d'autorisation) ;
- suivre, dans les poissons des rivières wallonnes, les teneurs d'autres micropolluants (e.g. métaux lourds, pesticides) et évaluer le risque encouru par les consommateurs (comme cela a été fait pour les PCBs et les dioxines) ;
- développer un système d'alerte efficace des pollutions par les micropolluants ;
- réduire les rejets de micropolluant ;
- évaluer l'efficacité des systèmes d'épuration existants (STEP publiques, STEP industrielles, STEP individuelles) pour réduire la pollution par les micropolluants ;
- ...

5.4. Intégration des réponses au niveau de la mise en œuvre de la directive-cadre européenne sur l'eau

La directive cadre sur l'eau (2000/60/CE) a pour principal objectif d'atteindre un bon état écologique des masses d'eau de surface d'ici 2015. Selon une estimation datant du 31 juillet 2005, seules 14 % des 245 masses d'eaux de surface naturelles en Région wallonne atteindront probablement ce bon état d'ici 2015 (20 % risquent de ne pas l'atteindre et il manque des informations dans 66 % des cas)²¹².

Ceci démontre que, malgré le fait que diverses initiatives aient déjà été prises pour améliorer la qualité des eaux de surface (voir point 5.1 ci-dessus), il reste encore beaucoup d'efforts à fournir afin d'atteindre cet objectif.

Les plans de gestion et les programmes de mesures nécessaires à leur réalisation sont les principaux outils pour la mise en œuvre de la directive cadre sur l'eau (voir point 1.1.2.b.1.3). Ils doivent être élaborés d'ici décembre 2009 et devront permettre d'atteindre le bon état écologique des masses d'eau de surface d'ici 2015. Ces outils devraient donc répondre aux manquements actuellement observés en matière de qualité des eaux de surface.

²¹² Sources: Tableau de bord de l'environnement wallon 2005.

Annexe 1 : Liste I et II de la directive 80/68/CEE

Liste I de familles et groupes de substances

La liste I comprend les substances individuelles faisant partie des familles et groupes de substances énumérés ci-dessous, à l'exception des substances qui sont considérées comme inadéquates pour la liste I en fonction du faible risque de toxicité, de persistance et de bioaccumulation. De telles substances, qui à l'égard de la toxicité, de la persistance et de la bioaccumulation sont adéquates pour la liste II, doivent être classées dans la liste II.

1. Composés organohalogénés et substances qui peuvent donner naissance à de tels composés dans le milieu aquatique.
2. Composés organophosphorés.
3. Composés organostanniques.
4. Substances qui possèdent un pouvoir cancérigène, mutagène ou tératogène dans le milieu aquatique ou par l'intermédiaire de celui-ci²¹³.
5. Mercure et composés du mercure.
6. Cadmium et composés du cadmium.
7. Huiles minérales et hydrocarbures.
8. Cyanures.

Liste II de familles et groupes de substances

La liste II comprend les substances individuelles et les catégories de substances qui font partie des familles et groupes de substances énumérés ci-dessous et qui pourraient avoir un effet nuisible sur les eaux souterraines.

1. Métalloïdes et métaux suivants, ainsi que leurs composés :

1) zinc;	11) étain;
2) cuivre;	12) baryum;
3) nickel;	13) béryllium;
4) chrome;	14) bore;
5) plomb;	15) uranium;
6) sélénium;	16) vanadium;
7) arsenic;	17) cobalt;
8) antimoine;	18) thallium;
9) molybdène;	19) tellure;
10) titane;	20) argent.

2. Biocides et leurs dérivés ne figurant pas sur la liste I.
3. Substances ayant un effet nuisible sur la saveur et/ou sur l'odeur des eaux souterraines, ainsi que les composés susceptibles de donner naissance à de telles substances dans les eaux et à rendre celles-ci impropres à la consommation humaine.
4. Composés organosiliciés ou persistants et substances qui peuvent donner naissance à de tels composés dans les eaux, à l'exclusion de ceux qui sont biologiquement inoffensifs ou qui se transforment rapidement dans l'eau en substances inoffensives.
5. Composés inorganiques de phosphore et phosphore élémentaire.
6. Fluorures.
7. Ammoniaque et nitrites.

²¹³ Dans la mesure où certaines substances contenues dans la liste II ont un pouvoir cancérigène, mutagène ou tératogène, elles sont incluses dans la catégorie 4 de la présente liste.

Annexe 2 : Micropolluants recherchés en Région wallonne

1,1,1-trichloroéthane	Carbofuran	Isoproturon
1,1,2,2-tétrachloroéthane	Chlorbromuron	Isoxaben
1,1,2-trichloroéthane	Chlordane	Lénacile
1,1,2-trichlorotrifluoroéthane	Chlorfenvinphos	Linuron
1,1-dichloroéthane	Chloridazon (Pyrazon)	Malathion
1,1-dichloroéthylène (chlorure de vinylidène)	Chlormequat	Mancozèbe
1,2,3-trichlorobenzène	Chlorobenzène	Manèbe
1,2,4,5-tétrachlorobenzène	Chloronaphtalène (mélange technique)	Manganèse extractible
1,2,4-trichlorobenzène	Chloronitrotoluène (autre que 4-cl-2-nt)	Manganèse soluble
1,2-dibromoéthane	Chloroprène (2-chloro-1,3-butadiène)	MCPA (4-chloro-2methylphenoxy acetic acid)
1,2-dichlorobenzène	Chlorothalonil	MCPB (2-méthyl-4-phénoxybutyrate)
1,2-dichloroéthane	Chlorotoluidines (autres que 2-chloro-p-toluidine)	MCPP (OU MECOPROP)
1,2-dichloroéthylène	Chlorotoluron	Mepiquat-chlorure
1,2-dichloropropane	Chlorprophame (CIPC)	Mercure extractible
1,3,5-trichlorobenzène	Chlorpyrifos (éthyl, méthyl)	Mercure soluble
1,3-dichloro-1-propène	Chlorpyrifos (éthyl)	Mercure total
1,3-dichlorobenzène	Chlorthiamide	MES-Pyrène
1,3-dichloropropane-2-ol	Chlorure de benzilidène alpha (alpha-dichlorotoluène)	Métamitron
1,3-dichloropropène	Chlorure de benzyle (a-chlorotoluène)	Métam-sodium
1,4-dichlorobenzène	Chlorure de cyanuryle (2,4,6-trichloro-1,3,5-triazine)	Métazachlore
1-chloro-2,4-dinitrobenzène	Chlorure de triphénylétain	Méthabenzthiazuron
1-chloro-2-nitrobenzène	Chlorure de vinyle (chloroéthylène)	Méthamidophos
1-chloro-3-nitrobenzène	Chlorures	Méthidation
1-chloro-4-nitrobenzène	Chrome extractible	Methiocarbe
1-chloronaphtalène	Chrome soluble	Méthomyl
2,3,4-trichlorophénol	Chrome total	Methoxy DDT (ou Methoxychlore)
2,3,5-trichlorophénol	Chrysène	Méthyl bromide
2,3,6-trichlorophénol	Cobalt extractible	Métobromuron
2,3-dichloroaniline	Coumaphos	Métolachlore
2,3-dichlorophénol	Cuivre extractible	Métoxuron
2,3-dichloropropène	Cuivre soluble	Métribuzine
2,4,5-T (somme acide et esters)	Cuivre total	Mévinphos
2,4,5-trichlorophénol	Cyalthrin-lambda	Monolinuron
2,4,5-trichlorophénoxy acétique acid (acide et ester)	Cyanazine	Monuron
2,4,5-trichlorophénoxypropionate	Cyanures totaux	Naphtalène
2,4,6-trichlorophénol	Cyperméthrine	Napropamide (dévrinol)
2,4-D (acide + ester)	DDD	Nickel extractible
2,4-D (acide)	DDE	Nickel soluble
2,4-D (ester)	DDT + DDD + DDE (somme)	Nickel total
2,4-dichloroaniline	Déisopropyl atrazine	Nitrothal-isopropyl
2,4-dichlorophénol	Deltaméthrine	Nonylphénols (dont le 4-para-nonylphénol)
2,4-dichlorophénoxybutyrate	Déméton (déméton-o,déméton-s, déméton-s-méthyl-sulfone)	Octylphénols (dont le para-tert-octylphénol)
2,5-dichloroaniline	Déséthylatrazine	Ométhoate
2,5-dichlorophénol	Détergents anioniques	Oxamyl
2,6-dichloroaniline	Di(2-éthylhexyl)phthalate	Oxyde de dibutylétain
2,6-dichlorophénol	Diazinon	Oxyde de dichlorodiisopropyle
2-amino-4-chlorophénol	Dibenzo(a,h)anthracène	Oxyde de tributylétain

2-chloroaniline	Dichlobénil	Oxydéméton-méthyl
2-chloroéthanol	Dichloroanilines (somme 2,3 + 2,4 + 2,5 + 2,6 + 3,4 + 3,5)	Paraquat
2-chlorophénol	Dichlorobenzidine	Para-tert-octylphénol
2-chloro-p-toluidine	Dichlorométhane	Parathion-éthyl
2-chlorotoluène	Dichloronitrobenzène	Parathion-méthyl
3,4,5-trichlorophénol	Dichlorprop (2,4-DP)	PCB (somme n°28, 52, 101, 118, 138, 153, 180)
3,4-dichloroaniline	Dichlorure de dibutylétain	PCB (somme n°28, 52, 101, 118, 138, 153, 180) + PCT
3,4-dichlorophénol	Dichlorvos	PCB101 (2,2',4,5,5'-pentachlorobiphenyl)
3,5-dichloroaniline	Dichlorvos + Trichlorfon	PCB118 (2,3',4,4',5'-pentachlorobiphenyl)
3,5-dichlorophénol	Dieldrine	PCB138 (2,2',3,4,4',5'-hexachlorobiphenyl)
3-chloroaniline	Diéthylamine	PCB153 (2,2',4,4',5,5'-hexachlorobiphenyl)
3-chlorophénol	Diméthénamide	PCB180 (2,2',3,4,4',5,5'-heptachlorobiphenyl)
3-chloropropène (chlorure d'allyle)	Diméthoate	PCB28 (2,4,4'-trichlorobiphenyl)
3-chlorotoluène	Diméthomorphe	PCB52 (2,2',5,5'-tetrachlorobiphenyl)
4,4-DDD	Diméthylamine	PCT (somme)
4,4-DDE	Dinoseb (2-sec.butyl-4,6-dinitrophénol ou DNBP)	Pendimethaline
4,4-DDT	Dinoterb (2-tertbutyl-4,6-dinitrophénol)	Pentachlorobenzène
4-chloro-2-nitroaniline	Diphényléther bromé	Pentachlorophénol (PCP)
4-chloro-2-nitrotoluène	Diquat	Perméthrine
4-chloro-3-méthylphénol	Disulfoton	Phénanthrène
4-chloroaniline	Diuron	Phoxime
4-chlorophénol	Endosulfan (alpha+bêta)	Plomb extractible
4-chlorotoluène	Endosulfan-alpha	Plomb soluble
4-para-nonylphénol	Endosulfan-bêta	Plomb total
Acénaphène	Endosulfane sulfate	Prochloraz
Acétate de triphénylétain	Endrine	Prométon
Acétochlor	Endrine aldéhyde	Prométryne
Acide monochloroacétique	Epichlorhydrine	Propachlore
Acide trichloroacétique	Epoxiconazole	Propanil
Aclonifén	Etain extractible	Propazine
Alachlore	Ethephon	Prophame (IPC)
Aldicarbe	Ethofumésate	Propoxur
Aldicarbesulfon	Ethylbenzène	Propyzamide
Aldicarbesulfoxyde	Fénitrothion	Prosulfocarbe
Aldrine	Fenpropidin	Pyrazophos
Alpha cyperméthrin	Fenpropimorphe	Pyrène
Aluminium extractible	Fenthion	Pyridate
Aluminium soluble	Fentin (Acétate et Hydroxyde)	Pyrimicarbe
Amétryne	Fenvalérate	Sélénium extractible
Amitraze	Fer extractible	Sélénium soluble
Amitrole	Fer soluble	Sélénium total
Ammoniac non ionisé	Fluazifop-p-butyl	Sels de dibutylétain (autre que dichlorure et xyde)
Anthracène	Fluazinam	Simazine
Antimoine extractible	Fluoranthène	Sulcotrione
Arsenic extractible	Fluorène	Tébuconazole
Arsenic soluble	Fluorénone	Téfluthrine
Arsenic total	Fluorures	Télodrine
Atrazine	Fluroxypyr	Température
Azinphos-éthyl	Flusidazole	Terbutryne
Azinphos-méthyl	Fonofos	Terbutylazine

Baryum extractible	Glufosinate-ammonium	Terbutylazine déséthyl
Baryum soluble	Glyphosate	Tétrabutylétain
Baryum total	Halogénés organiques adsorbables	Tétrachloroéthylène (PER)
Benfluraline	HAP (somme des 15 de EPA)	Tétrachlorométhane (tétrachlorure de carbone)
Bentazone	HAP (somme des 6 de Borneff)	Thiométon
Benzène	Heptachlore	Thirame
Benzydine	Heptachlore + Heptachlorépoxyde (cis + trans)	Toluène
Benzo(a)anthracène	Heptachlorépoxyde (cis+trans)	Tolyfluanide
Benzo(a)pyrène	Heptenophos	Triadiméfon
Benzo(b)fluoranthène	Hexachlorobenzène	Triallate
Benzo(ghi)pérylène	Hexachlorobutadiène	Triazophos
Benzo(k)fluoranthène	Hexachlorocyclohexane (alpha+bêta+gamma+epsilon+delta)	ributyl phosphate
Béryllium extractible	Hexachlorocyclohexane-alpha	Trichlorfon
Bifenox	Hexachlorocyclohexane-bêta	Trichlorobenzène (1,2,4 + 1,2,3 + 1,3,5)
Biphényl	Hexachlorocyclohexane-delta	Trichloroéthylène (TRI)
Bore extractible	Hexachlorocyclohexane-epsilon	Trichlorométhane (chloroforme)
Bore soluble	Hexachlorocyclohexane-gamma (Lindane)	Trichlorophénols (2,3,4 + 2,3,5 + 2,3,6 + 2,4,5 +2,4,6)
Bore total	Hexachloroéthane	Trifluraline
Bromacile	Hydrate de chloral	Vinclozoline
Bromoxynil	Hydroxybiphenyl	Xylène-méta
Bromure de méthyl	Hydroxyde de triphénylétain	Xylène-ortho
Bromures	Imazapyr	Xylène-para
C10-13 - Chloroalcanes	Imidacloprid	Xylènes (ortho + méta + para)
Cadmium extractible	Indéno(1,2,3-cd)pyrène	Zinc extractible
Cadmium soluble	Indice de pollution organique	Zinc soluble
Cadmium total	Ioxynil	Zinc total
Captane	Iprodione	Ziram
Carbaryl	Isodrine	
Carbendazime	Isopropylbenzène	

Annexe 3 : Informations sur le registre EPER

EPER est le Registre européen des émissions de polluants, établi par une décision de la Commission du 17 juillet 2000. La décision EPER s'appuie sur l'article 15, paragraphe 3 de la directive 96/61/CE du Conseil relative à la prévention et à la réduction intégrées de la pollution (directive IPPC).

En vertu de la décision EPER, les États membres doivent produire un rapport triennal sur les émissions des établissements industriels dans l'atmosphère et dans les eaux. Ce rapport couvre 50 polluants qui doivent être déclarés en cas de dépassement des valeurs seuils indiquées à l'annexe A1 de la décision EPER.

La première année de déclaration était l'année 2001 (les États membres avaient cependant la possibilité de fournir également des données pour 2000 et 2002). Ces informations devaient être transmises au plus tard en juin 2003. La seconde année de déclaration sera l'année 2004.

Les établissements industriels ne sont pas tous concernés par la déclaration EPER – seules figurent dans le rapport les activités visées à l'annexe A3 de la décision EPER.

Les valeurs seuils ont été fixées de façon à couvrir environ 90% des émissions issues des établissements visés, et pour ne pas faire peser des contraintes administratives inutilement lourdes sur l'ensemble des établissements industriels.

Annexe 4 : Inventaire complet des rejets belges compilés par le registre EPER

Polluant	Activités de l'annexe I	Émissions déclarées conformément à l'article 1, paragraphe 4 de la décision EPER.			
		Atmosphériques (par an)	Directes dans l'eau (par an)	Indirectes dans l'eau (transfert dans une station d'épuration des eaux usées hors site)	
Méthane, CH4	2.1/2.2/2.3/2.4/2.5/2.6 Industrie des métaux et installations de grillage ou de frittage de minerai métallique, installations destinées à la production de métaux ferreux et non ferreux	3,469.00 t	-	-	
	5.3/5.4 Installations pour l'élimination des déchets non dangereux (>50t/j) et décharges (>10t/j)	10,679.00 t	-	-	
Méthane, CH4 total		14,148.00 t	-	-	
Monoxyde de carbone, CO	1.1 Installations de combustion d'une puissance calorifique > 50 MW	1,300.00 t	-	-	
	1.2 Raffineries de pétrole et de gaz	5,030.00 t	-	-	
	2.1/2.2/2.3/2.4/2.5/2.6 Industrie des métaux et installations de grillage ou de frittage de minerai métallique, installations destinées à la production de métaux ferreux et non ferreux	353,675.00 t	-	-	
	3.1/3.3/3.4/3.5 Installations destinées à la production de clinker (>500t/j), chaux (>50t/j), verre (>20t/j), matières minérales (>20t/j) ou de produits céramiques (>75t/j)	9,238.00 t	-	-	
	4.1 Produits chimiques organiques de base	1,585.00 t	-	-	
	5.3/5.4 Installations pour l'élimination des déchets non dangereux (>50t/j) et décharges (>10t/j)	3,220.00 t	-	-	
6.1 Installations industrielles destinées à la fabrication de pâte à papier à partir du bois ou d'autres matières fibreuses, et de papier et carton (>20t/j)	2,060.00 t	-	-		
Monoxyde de carbone, CO total		376,108.00 t	-	-	
Dioxyde de carbone, CO2	1.1 Installations de combustion d'une puissance calorifique > 50 MW	18,766,000.00 t	-	-	
	1.2 Raffineries de pétrole et de gaz	5,493,000.00 t	-	-	
	2.1/2.2/2.3/2.4/2.5/2.6 Industrie des métaux et installations de grillage ou de frittage de minerai métallique, installations destinées à la production de métaux ferreux et non ferreux	9,669,000.00 t	-	-	
	3.1/3.3/3.4/3.5 Installations destinées à la production de clinker (>500t/j), chaux (>50t/j), verre (>20t/j), matières minérales (>20t/j) ou de produits céramiques (>75t/j)	9,439,000.00 t	-	-	
	4.1 Produits chimiques organiques de base	8,437,000.00 t	-	-	
	4.2/4.3 Produits chimiques inorganiques de base ou engrais	919,000.00 t	-	-	
	5.1/5.2 Installations pour l'élimination ou la valorisation des déchets dangereux (>10t/j) ou des déchets municipaux (>3t/h)	968,000.00 t	-	-	
	5.3/5.4 Installations pour l'élimination des déchets non dangereux (>50t/j) et décharges (>10t/j)	124,000.00 t	-	-	
	6.1 Installations industrielles destinées à la fabrication de pâte à papier à partir du bois ou d'autres matières fibreuses, et de papier et carton (>20t/j)	1,300,000.00 t	-	-	
	6.4 Abattoirs (>50t/j), installations destinées à la production de lait (>200t/j), et d'autres matières premières animales (>75t/j) ou végétales (>300t/j)	251,000.00 t	-	-	
	Dioxyde de carbone, CO2 total		55,366,000.00 t	-	-
	Hydrofluorocarbones (HFC)	4.1 Produits chimiques organiques de base	2.56 t	-	-
4.5 Produits pharmaceutiques		0.857 t	-	-	

Hydrofluorocarbones (HFC) total		3.42 t	-	-
Protoxyde d'azote (N2O)	1.1 Installations de combustion d'une puissance calorifique > 50 MW	135.00 t	-	-
	2.1/2.2/2.3/2.4/2.5/2.6 Industrie des métaux et installations de grillage ou de frittage de minerai métallique, installations destinées à la production de métaux ferreux et non ferreux	148.50 t	-	-
	4.1 Produits chimiques organiques de base	10,780.00 t	-	-
	4.2/4.3 Produits chimiques inorganiques de base ou engrais	3,490.00 t	-	-
Protoxyde d'azote (N2O) total		14,553.50 t	-	-
Ammoniac, NH3	2.1/2.2/2.3/2.4/2.5/2.6 Industrie des métaux et installations de grillage ou de frittage de minerai métallique, installations destinées à la production de métaux ferreux et non ferreux	29.60 t	-	-
	3.1/3.3/3.4/3.5 Installations destinées à la production de clinker (>500t/j), chaux (>50t/j), verre (>20t/j), matières minérales (>20t/j) ou de produits céramiques (>75t/j)	217.60 t	-	-
	4.1 Produits chimiques organiques de base	621.70 t	-	-
	4.2/4.3 Produits chimiques inorganiques de base ou engrais	212.10 t	-	-
	6.2 Installations destinées au prétraitement de fibres ou de textiles (>10t/j)	15.40 t	-	-
Ammoniac, NH3 total		1,096.40 t	-	-
Composés organiques volatils non méthaniques (COVNM)	1.2 Raffineries de pétrole et de gaz	11,700.00 t	-	-
	1.3 Cokeries	129.00 t	-	-
	2.1/2.2/2.3/2.4/2.5/2.6 Industrie des métaux et installations de grillage ou de frittage de minerai métallique, installations destinées à la production de métaux ferreux et non ferreux	11,482.00 t	-	-
	3.1/3.3/3.4/3.5 Installations destinées à la production de clinker (>500t/j), chaux (>50t/j), verre (>20t/j), matières minérales (>20t/j) ou de produits céramiques (>75t/j)	1,462.00 t	-	-
	4.1 Produits chimiques organiques de base	15,195.00 t	-	-
	4.2/4.3 Produits chimiques inorganiques de base ou engrais	140.00 t	-	-
	4.5 Produits pharmaceutiques	330.00 t	-	-
	6.1 Installations industrielles destinées à la fabrication de pâte à papier à partir du bois ou d'autres matières fibreuses, et de papier et carton (>20t/j)	1,750.00 t	-	-
	6.2 Installations destinées au prétraitement de fibres ou de textiles (>10t/j)	188.00 t	-	-
	6.4 Abattoirs (>50t/j), installations destinées à la production de lait (>200t/j), et d'autres matières premières animales (>75t/j) ou végétales (>300t/j)	892.00 t	-	-
	6.7 Installations destinées au traitement de surface ou de produits ayant recours à l'utilisation de solvants organiques(>200t/a)	2,390.00 t	-	-
Composés organiques volatils non méthaniques (COVNM) total		45,658.00 t	-	-
Oxydes d'azote, NOx	1.1 Installations de combustion d'une puissance calorifique > 50 MW	31,318.00 t	-	-
	1.2 Raffineries de pétrole et de gaz	7,804.00 t	-	-
	1.3 Cokeries	285.00 t	-	-
	2.1/2.2/2.3/2.4/2.5/2.6 Industrie des métaux et installations de grillage ou de frittage de minerai métallique, installations destinées à la production de métaux ferreux et non ferreux	19,986.00 t	-	-
	3.1/3.3/3.4/3.5 Installations destinées à la production de clinker (>500t/j), chaux (>50t/j), verre (>20t/j), matières minérales (>20t/j) ou de produits céramiques (>75t/j)	25,797.00 t	-	-
	4.1 Produits chimiques organiques de base	11,481.00 t	-	-
	4.2/4.3 Produits chimiques inorganiques de base ou engrais	2,398.00 t	-	-
	5.1/5.2 Installations pour l'élimination ou la valorisation des déchets dangereux (>10t/j) ou des déchets municipaux (>3t/h)	3,661.00 t	-	-

5.3/5.4 Installations pour l'élimination des déchets non dangereux (>50t/j) et décharges (>10t/j)	112.00 t	-	-
6.1 Installations industrielles destinées à la fabrication de pâte à papier à partir du bois ou d'autres matières fibreuses, et de papier et carton (>20t/j)	2,101.00 t	-	-
6.2 Installations destinées au prétraitement de fibres ou de textiles (>10t/j)	459.00 t	-	-
6.4 Abattoirs (>50t/j), installations destinées à la production de lait (>200t/j), et d'autres matières premières animales (>75t/j) ou végétales (>300t/j)	791.00 t	-	-

Oxydes d'azote, NOx total	106,193.00 t	-	-
----------------------------------	---------------------	----------	----------

Oxydes de soufre (SOx)	1.1 Installations de combustion d'une puissance calorifique > 50 MW	30,469.00 t	-	-
	1.2 Raffineries de pétrole et de gaz	23,815.00 t	-	-
	2.1/2.2/2.3/2.4/2.5/2.6 Industrie des métaux et installations de grillage ou de frittage de minerai métallique, installations destinées à la production de métaux ferreux et non ferreux	21,167.00 t	-	-
	3.1/3.3/3.4/3.5 Installations destinées à la production de clinker (>500t/j), chaux (>50t/j), verre (>20t/j), matières minérales (>20t/j) ou de produits céramiques (>75t/j)	15,828.00 t	-	-
	4.1 Produits chimiques organiques de base	4,596.00 t	-	-
	4.2/4.3 Produits chimiques inorganiques de base ou engrais	5,131.00 t	-	-
	6.1 Installations industrielles destinées à la fabrication de pâte à papier à partir du bois ou d'autres matières fibreuses, et de papier et carton (>20t/j)	2,135.00 t	-	-
	6.4 Abattoirs (>50t/j), installations destinées à la production de lait (>200t/j), et d'autres matières premières animales (>75t/j) ou végétales (>300t/j)	2,398.00 t	-	-

Oxydes de soufre (SOx) total	105,539.00 t	-	-
-------------------------------------	---------------------	----------	----------

Azote, total	1.2 Raffineries de pétrole et de gaz	-	139.00 t	-
	1.3 Cokeries	-	74.90 t	-
	2.1/2.2/2.3/2.4/2.5/2.6 Industrie des métaux et installations de grillage ou de frittage de minerai métallique, installations destinées à la production de métaux ferreux et non ferreux	-	285.70 t	-
	4.1 Produits chimiques organiques de base	-	951.50 t	139.00 t
	4.2/4.3 Produits chimiques inorganiques de base ou engrais	-	473.00 t	-

Azote, total total	-	1,924.10 t	139.00 t
---------------------------	----------	-------------------	-----------------

Phosphore, total	2.1/2.2/2.3/2.4/2.5/2.6 Industrie des métaux et installations de grillage ou de frittage de minerai métallique, installations destinées à la production de métaux ferreux et non ferreux	-	-	5.32 t
	4.1 Produits chimiques organiques de base	-	59.60 t	17.96 t
	4.2/4.3 Produits chimiques inorganiques de base ou engrais	-	425.69 t	-
	4.5 Produits pharmaceutiques	-	-	12.92 t
	6.2 Installations destinées au prétraitement de fibres ou de textiles (>10t/j)	-	14.74 t	5.19 t
	6.4 Abattoirs (>50t/j), installations destinées à la production de lait (>200t/j), et d'autres matières premières animales (>75t/j) ou végétales (>300t/j)	-	90.27 t	23.00 t
	6.5 Installations destinées à l'élimination ou à la valorisation de carcasses et de déchets d'animaux (>10t/j)	-	6.60 t	-

Phosphore, total total	-	-	596.90 t	64.39 t
-------------------------------	----------	----------	-----------------	----------------

Arsenic et ses composés	1.1 Installations de combustion d'une puissance calorifique > 50 MW	0.049 t	-	-
	1.2 Raffineries de pétrole et de gaz	-	0.174 t	-
	2.1/2.2/2.3/2.4/2.5/2.6 Industrie des métaux et installations de grillage ou de frittage de minerai métallique, installations destinées à la production de métaux ferreux et non ferreux	2.01 t	0.551 t	-

3.1/3.3/3.4/3.5 Installations destinées à la production de clinker (>500t/j), chaux (>50t/j), verre (>20t/j), matières minérales (>20t/j) ou de produits céramiques (>75t/j)	0.7785 t	0.0484 t	-
4.1 Produits chimiques organiques de base	-	0.1907 t	0.0414 t
4.2/4.3 Produits chimiques inorganiques de base ou engrais	-	0.29223 t	-
5.1/5.2 Installations pour l'élimination ou la valorisation des déchets dangereux (>10t/j) ou des déchets municipaux (>3t/h)	0.12 t	-	0.005 t
5.3/5.4 Installations pour l'élimination des déchets non dangereux (>50t/j) et décharges (>10t/j)	-	0.0264 t	-

Arsenic et ses composés total	2.96 t	1.28 t	0.0464 t
--------------------------------------	---------------	---------------	-----------------

<u>Cadmium et ses composés</u>			
1.3 Cokeries	0.015 t	-	-
2.1/2.2/2.3/2.4/2.5/2.6 Industrie des métaux et installations de grillage ou de frittage de minerai métallique, installations destinées à la production de métaux ferreux et non ferreux	0.7754 t	0.39804 t	-
3.1/3.3/3.4/3.5 Installations destinées à la production de clinker (>500t/j), chaux (>50t/j), verre (>20t/j), matières minérales (>20t/j) ou de produits céramiques (>75t/j)	0.015 t	-	-
4.2/4.3 Produits chimiques inorganiques de base ou engrais	-	0.07677 t	-
5.1/5.2 Installations pour l'élimination ou la valorisation des déchets dangereux (>10t/j) ou des déchets municipaux (>3t/h)	0.014 t	-	0.043 t
6.1 Installations industrielles destinées à la fabrication de pâte à papier à partir du bois ou d'autres matières fibreuses, et de papier et carton (>20t/j)	0.0169 t	0.08 t	-

Cadmium et ses composés total	0.8363 t	0.55481 t	0.043 t
--------------------------------------	-----------------	------------------	----------------

<u>Chrome et ses composés</u>			
1.1 Installations de combustion d'une puissance calorifique > 50 MW	0.11 t	-	-
1.2 Raffineries de pétrole et de gaz	0.409 t	-	-
2.1/2.2/2.3/2.4/2.5/2.6 Industrie des métaux et installations de grillage ou de frittage de minerai métallique, installations destinées à la production de métaux ferreux et non ferreux	13.16 t	1.58 t	0.1294 t
3.1/3.3/3.4/3.5 Installations destinées à la production de clinker (>500t/j), chaux (>50t/j), verre (>20t/j), matières minérales (>20t/j) ou de produits céramiques (>75t/j)	1.15 t	0.0903 t	-
4.1 Produits chimiques organiques de base	-	0.102 t	0.059 t
4.2/4.3 Produits chimiques inorganiques de base ou engrais	-	0.0909 t	-
5.1/5.2 Installations pour l'élimination ou la valorisation des déchets dangereux (>10t/j) ou des déchets municipaux (>3t/h)	1.04 t	-	-
6.2 Installations destinées au prétraitement de fibres ou de textiles (>10t/j)	-	0.0694 t	0.7114 t

Chrome et ses composés total	15.87 t	1.93 t	0.8998 t
-------------------------------------	----------------	---------------	-----------------

<u>Cuivre et ses composés</u>			
2.1/2.2/2.3/2.4/2.5/2.6 Industrie des métaux et installations de grillage ou de frittage de minerai métallique, installations destinées à la production de métaux ferreux et non ferreux	3.70 t	1.77 t	0.1566 t
3.1/3.3/3.4/3.5 Installations destinées à la production de clinker (>500t/j), chaux (>50t/j), verre (>20t/j), matières minérales (>20t/j) ou de produits céramiques (>75t/j)	3.31 t	-	-
4.1 Produits chimiques organiques de base	-	0.3021 t	0.201 t
4.2/4.3 Produits chimiques inorganiques de base ou engrais	0.13 t	0.4489 t	-
4.5 Produits pharmaceutiques	-	-	0.491 t
5.1/5.2 Installations pour l'élimination ou la valorisation des déchets dangereux (>10t/j) ou des déchets municipaux (>3t/h)	0.238 t	-	-
6.1 Installations industrielles destinées à la fabrication de pâte à papier à partir du bois ou d'autres matières fibreuses, et de papier et carton (>20t/j)	-	0.0726 t	-
6.2 Installations destinées au prétraitement de fibres ou de textiles (>10t/j)	-	0.2747 t	0.3813 t

	6.4 Abattoirs (>50t/j), installations destinées à la production de lait (>200t/j), et d'autres matières premières animales (>75t/j) ou végétales (>300t/j)	-	0.0594 t	-
Cuivre et ses composés total		7.38 t	2.92 t	1.23 t
Mercuré et ses composés	1.1 Installations de combustion d'une puissance calorifique > 50 MW	0.4289 t	-	-
	2.1/2.2/2.3/2.4/2.5/2.6 Industrie des métaux et installations de grillage ou de frittage de minerai métallique, installations destinées à la production de métaux ferreux et non ferreux	0.42 t	0.01121 t	-
	3.1/3.3/3.4/3.5 Installations destinées à la production de clinker (>500t/j), chaux (>50t/j), verre (>20t/j), matières minérales (>20t/j) ou de produits céramiques (>75t/j)	0.3079 t	-	-
	4.1 Produits chimiques organiques de base	0.172 t	0.091 t	-
	4.2/4.3 Produits chimiques inorganiques de base ou engrais	0.281 t	0.00958 t	-
	4.5 Produits pharmaceutiques	-	-	0.00298 t
	5.1/5.2 Installations pour l'élimination ou la valorisation des déchets dangereux (>10t/j) ou des déchets municipaux (>3t/h)	0.03 t	0.00563 t	-
Mercuré et ses composés total		1.64 t	0.11742 t	0.00298 t
Nickel et ses composés	1.1 Installations de combustion d'une puissance calorifique > 50 MW	2.57 t	-	-
	1.2 Raffineries de pétrole et de gaz	14.30 t	0.066 t	-
	2.1/2.2/2.3/2.4/2.5/2.6 Industrie des métaux et installations de grillage ou de frittage de minerai métallique, installations destinées à la production de métaux ferreux et non ferreux	5.13 t	6.06 t	0.9841 t
	3.1/3.3/3.4/3.5 Installations destinées à la production de clinker (>500t/j), chaux (>50t/j), verre (>20t/j), matières minérales (>20t/j) ou de produits céramiques (>75t/j)	1.07 t	-	-
	4.1 Produits chimiques organiques de base	0.163 t	0.7161 t	0.1049 t
	4.2/4.3 Produits chimiques inorganiques de base ou engrais	0.865 t	0.4962 t	-
	4.5 Produits pharmaceutiques	-	-	0.1769 t
	5.1/5.2 Installations pour l'élimination ou la valorisation des déchets dangereux (>10t/j) ou des déchets municipaux (>3t/h)	0.238 t	0.031 t	-
	6.1 Installations industrielles destinées à la fabrication de pâte à papier à partir du bois ou d'autres matières fibreuses, et de papier et carton (>20t/j)	-	0.1425 t	-
	6.2 Installations destinées au prétraitement de fibres ou de textiles (>10t/j)	-	0.1095 t	0.3046 t
	6.4 Abattoirs (>50t/j), installations destinées à la production de lait (>200t/j), et d'autres matières premières animales (>75t/j) ou végétales (>300t/j)	0.9136 t	-	-
Nickel et ses composés total		25.24 t	7.62 t	1.57 t
Plomb et ses composés	2.1/2.2/2.3/2.4/2.5/2.6 Industrie des métaux et installations de grillage ou de frittage de minerai métallique, installations destinées à la production de métaux ferreux et non ferreux	38.32 t	1.76 t	0.302 t
	3.1/3.3/3.4/3.5 Installations destinées à la production de clinker (>500t/j), chaux (>50t/j), verre (>20t/j), matières minérales (>20t/j) ou de produits céramiques (>75t/j)	0.877 t	0.147 t	-
	4.1 Produits chimiques organiques de base	-	0.158 t	-
	4.2/4.3 Produits chimiques inorganiques de base ou engrais	-	0.3613 t	-
	4.5 Produits pharmaceutiques	-	-	0.0656 t
	5.1/5.2 Installations pour l'élimination ou la valorisation des déchets dangereux (>10t/j) ou des déchets municipaux (>3t/h)	1.21 t	0.102 t	-
	6.1 Installations industrielles destinées à la fabrication de pâte à papier à partir du bois ou d'autres matières fibreuses, et de papier et carton (>20t/j)	0.317 t	-	-
	6.2 Installations destinées au prétraitement de fibres ou de textiles (>10t/j)	-	0.0587 t	-

Plomb et ses composés total		40.72 t	2.58 t	0.3676 t
Zinc et ses composés	1.1 Installations de combustion d'une puissance calorifique > 50 MW	1.37 t	-	-
	1.2 Raffineries de pétrole et de gaz	0.457 t	0.14 t	-
	2.1/2.2/2.3/2.4/2.5/2.6 Industrie des métaux et installations de grillage ou de frittage de minerai métallique, installations destinées à la production de métaux ferreux et non ferreux	113.54 t	30.25 t	0.757 t
	3.1/3.3/3.4/3.5 Installations destinées à la production de clinker (>500t/j), chaux (>50t/j), verre (>20t/j), matières minérales (>20t/j) ou de produits céramiques (>75t/j)	3.95 t	0.781 t	-
	4.1 Produits chimiques organiques de base	-	4.86 t	0.641 t
	4.2/4.3 Produits chimiques inorganiques de base ou engrais	0.54 t	32.90 t	-
	4.5 Produits pharmaceutiques	-	0.124 t	1.02 t
	5.1/5.2 Installations pour l'élimination ou la valorisation des déchets dangereux (>10t/j) ou des déchets municipaux (>3t/h)	4.08 t	-	-
	6.1 Installations industrielles destinées à la fabrication de pâte à papier à partir du bois ou d'autres matières fibreuses, et de papier et carton (>20t/j)	0.769 t	4.15 t	-
	6.2 Installations destinées au prétraitement de fibres ou de textiles (>10t/j)	-	0.436 t	0.28 t
	6.4 Abattoirs (>50t/j), installations destinées à la production de lait (>200t/j), et d'autres matières premières animales (>75t/j) ou végétales (>300t/j)	-	0.123 t	-
	6.7 Installations destinées au traitement de surface ou de produits ayant recours à l'utilisation de solvants organiques(>200t/a)	-	0.442 t	-
Zinc et ses composés total		124.70 t	74.20 t	2.70 t
Dichloroéthane 1,2 (DCE)	4.1 Produits chimiques organiques de base	60.10 t	0.462 t	-
Dichloroéthane 1,2 (DCE) total		60.10 t	0.462 t	-
Dichlorométhane (DCM)	2.1/2.2/2.3/2.4/2.5/2.6 Industrie des métaux et installations de grillage ou de frittage de minerai métallique, installations destinées à la production de métaux ferreux et non ferreux	6.08 t	-	-
	4.1 Produits chimiques organiques de base	522.10 t	0.536 t	0.035 t
	4.4/4.6 Biocides et explosifs	16.80 t	-	-
	4.5 Produits pharmaceutiques	60.69 t	-	-
Dichlorométhane (DCM) total		605.67 t	0.536 t	0.035 t
Hexachlorobenzène (HCB)	4.1 Produits chimiques organiques de base	-	0.0056 t	-
Hexachlorobenzène (HCB) total		-0.0056 t	-	-
Hexachlorobutadiène (HCBD)	4.1 Produits chimiques organiques de base	-	0.0029 t	-
Hexachlorobutadiène (HCBD) total		-0.0029 t	-	-
Composés organiques halogénés (AOX)	4.1 Produits chimiques organiques de base	-	11.55 t	3.24 t
	4.2/4.3 Produits chimiques inorganiques de base ou engrais	-	1.36 t	-
	6.1 Installations industrielles destinées à la fabrication de pâte à papier à partir du bois ou d'autres matières fibreuses, et de papier et carton (>20t/j)	-	25.00 t	-
Composés organiques halogénés (AOX) total		-	37.91 t	3.24 t
Dioxines et furannes (PCDD et PCDF)	2.1/2.2/2.3/2.4/2.5/2.6 Industrie des métaux et installations de grillage ou de frittage de minerai métallique, installations destinées à la production de métaux ferreux et non ferreux	0.05447 kg	-	-
	6.4 Abattoirs (>50t/j), installations destinées à la production de lait (>200t/j), et d'autres matières premières animales (>75t/j) ou végétales (>300t/j)	0.0031 kg	-	-
Dioxines et furannes (PCDD et PCDF) total		0.05757 kg	-	-
Tétrachloréthylène (PER)	2.1/2.2/2.3/2.4/2.5/2.6 Industrie des métaux et installations de grillage ou de frittage de minerai métallique, installations destinées à la production de métaux ferreux et non ferreux	3.33 t	-	-

	5.1/5.2 Installations pour l'élimination ou la valorisation des déchets dangereux (>10t/j) ou des déchets municipaux (>3t/h)	5.38 t	-	-
Tétrachloroéthylène (PER) total		8.71 t	-	-
Tétrachlorométhane (TCM)	4.1 Produits chimiques organiques de base	2.88 t	-	-
	4.2/4.3 Produits chimiques inorganiques de base ou engrais	0.359 t	-	-
Tétrachlorométhane (TCM) total		3.24 t	-	-
Trichloroéthylène (TRI)	2.1/2.2/2.3/2.4/2.5/2.6 Industrie des métaux et installations de grillage ou de frittage de minerai métallique, installations destinées à la production de métaux ferreux et non ferreux	20.37 t	-	-
	6.2 Installations destinées au prétraitement de fibres ou de textiles (>10t/j)	29.10 t	-	-
Trichloroéthylène (TRI) total		49.47 t	-	-
Trichlorométhane (Chloroforme)	4.1 Produits chimiques organiques de base	3.88 t	-	-
Trichlorométhane (Chloroforme) total		3.88 t	-	-
Benzène	1.2 Raffineries de pétrole et de gaz	46.12 t	-	-
	1.3 Cokeries	5.30 t	-	-
	2.1/2.2/2.3/2.4/2.5/2.6 Industrie des métaux et installations de grillage ou de frittage de minerai métallique, installations destinées à la production de métaux ferreux et non ferreux	61.82 t	-	-
	3.1/3.3/3.4/3.5 Installations destinées à la production de clinker (>500t/j), chaux (>50t/j), verre (>20t/j), matières minérales (>20t/j) ou de produits céramiques (>75t/j)	2.57 t	-	-
	4.1 Produits chimiques organiques de base	5.72 t	-	-
Benzène total		121.53 t	-	-
Benzène, toluène,	1.2 Raffineries de pétrole et de gaz	-	0.332 t	-
éthylbenzène, xylènes (BTEX)	4.1 Produits chimiques organiques de base	-	0.459 t	-
Benzène, toluène, éthylbenzène, xylènes (BTEX) total		-	0.791 t	-
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)	1.2 Raffineries de pétrole et de gaz	-	0.041 t	-
	1.3 Cokeries	0.357 t	-	-
	2.1/2.2/2.3/2.4/2.5/2.6 Industrie des métaux et installations de grillage ou de frittage de minerai métallique, installations destinées à la production de métaux ferreux et non ferreux	8.80 t	-	-
	3.1/3.3/3.4/3.5 Installations destinées à la production de clinker (>500t/j), chaux (>50t/j), verre (>20t/j), matières minérales (>20t/j) ou de produits céramiques (>75t/j)	0.218 t	-	-
	4.1 Produits chimiques organiques de base	0.002 t	-	-
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) total		9.38 t	0.041 t	-
Phénols	1.2 Raffineries de pétrole et de gaz	-	0.3578 t	-
	2.1/2.2/2.3/2.4/2.5/2.6 Industrie des métaux et installations de grillage ou de frittage de minerai métallique, installations destinées à la production de métaux ferreux et non ferreux	-	0.199 t	-
	4.1 Produits chimiques organiques de base	-	1.94 t	3.13 t
	4.2/4.3 Produits chimiques inorganiques de base ou engrais	-	-	0.0506 t
Phénols total		-	2.50 t	3.18 t
Carbone organique total (COT)	1.2 Raffineries de pétrole et de gaz	-	150.00 t	-
	2.1/2.2/2.3/2.4/2.5/2.6 Industrie des métaux et installations de grillage ou de frittage de minerai métallique, installations destinées à la production de métaux ferreux et non ferreux	-	671.10 t	226.00 t
	4.1 Produits chimiques organiques de base	-	3,099.60 t	1,639.50 t
	4.2/4.3 Produits chimiques inorganiques de base ou engrais	-	328.00 t	293.00 t
	4.5 Produits pharmaceutiques	-	62.70 t	679.20 t
5.1/5.2 Installations pour l'élimination ou la valorisation des déchets dangereux (>10t/j) ou des déchets municipaux (>3t/h)	-	77.70 t	-	

6.1 Installations industrielles destinées à la fabrication de pâte à papier à partir du bois ou d'autres matières fibreuses, et de papier et carton (>20t/j)	-	734.70 t	-
6.2 Installations destinées au prétraitement de fibres ou de textiles (>10t/j)	-	331.80 t	1,675.10 t
6.4 Abattoirs (>50t/j), installations destinées à la production de lait (>200t/j), et d'autres matières premières animales (>75t/j) ou végétales (>300t/j)	-	269.60 t	183.00 t

Carbone organique total (COT) total	-5,725.20 t	4,695.80 t
--	--------------------	-------------------

Chlorures	2.1/2.2/2.3/2.4/2.5/2.6 Industrie des métaux et installations de grillage ou de frittage de minerai métallique, installations destinées à la production de métaux ferreux et non ferreux	-	15,290.00 t	-
	4.1 Produits chimiques organiques de base	-	211,470.00 t	2,830.00 t
	4.2/4.3 Produits chimiques inorganiques de base ou engrais	-	194,560.00 t	-
	5.1/5.2 Installations pour l'élimination ou la valorisation des déchets dangereux (>10t/j) ou des déchets municipaux (>3t/h)	-	6,410.00 t	-
	6.1 Installations industrielles destinées à la fabrication de pâte à papier à partir du bois ou d'autres matières fibreuses, et de papier et carton (>20t/j)	-	4,140.00 t	-

Chlorures total	-431,870.00 t	2,830.00 t
------------------------	----------------------	-------------------

Composés inorganiques chlorés (HCl)	1.1 Installations de combustion d'une puissance calorifique > 50 MW	1,017.20 t	-	-
	2.1/2.2/2.3/2.4/2.5/2.6 Industrie des métaux et installations de grillage ou de frittage de minerai métallique, installations destinées à la production de métaux ferreux et non ferreux	706.20 t	-	-
	3.1/3.3/3.4/3.5 Installations destinées à la production de clinker (>500t/j), chaux (>50t/j), verre (>20t/j), matières minérales (>20t/j) ou de produits céramiques (>75t/j)	254.90 t	-	-
	4.1 Produits chimiques organiques de base	232.00 t	-	-
	4.2/4.3 Produits chimiques inorganiques de base ou engrais	79.80 t	-	-
	5.1/5.2 Installations pour l'élimination ou la valorisation des déchets dangereux (>10t/j) ou des déchets municipaux (>3t/h)	41.70 t	-	-
	6.1 Installations industrielles destinées à la fabrication de pâte à papier à partir du bois ou d'autres matières fibreuses, et de papier et carton (>20t/j)	53.60 t	-	-

Composés inorganiques chlorés (HCl) total	2,385.40 t	-
--	-------------------	----------

Cyanure, total CN	1.2 Raffineries de pétrole et de gaz	-	3.30 t	-
	2.1/2.2/2.3/2.4/2.5/2.6 Industrie des métaux et installations de grillage ou de frittage de minerai métallique, installations destinées à la production de métaux ferreux et non ferreux	-	3.32 t	-
	4.1 Produits chimiques organiques de base	-	0.353 t	0.374 t

Cyanure, total CN total	-	6.98 t	0.374 t
--------------------------------	----------	---------------	----------------

Fluorures	2.1/2.2/2.3/2.4/2.5/2.6 Industrie des métaux et installations de grillage ou de frittage de minerai métallique, installations destinées à la production de métaux ferreux et non ferreux	-	156.05 t	-
	3.1/3.3/3.4/3.5 Installations destinées à la production de clinker (>500t/j), chaux (>50t/j), verre (>20t/j), matières minérales (>20t/j) ou de produits céramiques (>75t/j)	-	6.67 t	-
	4.1 Produits chimiques organiques de base	-	122.41 t	-
	4.2/4.3 Produits chimiques inorganiques de base ou engrais	-	2,309.75 t	-
	5.1/5.2 Installations pour l'élimination ou la valorisation des déchets dangereux (>10t/j) ou des déchets municipaux (>3t/h)	-	2.38 t	-

Fluorures total	-2,597.26 t	-
------------------------	--------------------	----------

Composés inorganiques fluorés (fluorure d'hydrogène)	1.1 Installations de combustion d'une puissance calorifique > 50 MW	378.20 t	-
	2.1/2.2/2.3/2.4/2.5/2.6 Industrie des métaux et installations de grillage ou de frittage de minerai métallique, installations destinées à la production de métaux ferreux et non ferreux	24.67 t	-
	3.1/3.3/3.4/3.5 Installations destinées à la production de clinker (>500t/j), chaux (>50t/j), verre (>20t/j), matières minérales (>20t/j) ou de produits céramiques (>75t/j)	187.10 t	-
	4.2/4.3 Produits chimiques inorganiques de base ou engrais	22.44 t	-
Composés inorganiques fluorés (fluorure d'hydrogène) total		612.41 t	-
Cyanure d'hydrogène (HCN)	2.1/2.2/2.3/2.4/2.5/2.6 Industrie des métaux et installations de grillage ou de frittage de minerai métallique, installations destinées à la production de métaux ferreux et non ferreux	2.65 t	-
Cyanure d'hydrogène (HCN) total		2.65 t	-
PM10 (Particules de diamètre inférieur à 10 µm)	1.1 Installations de combustion d'une puissance calorifique > 50 MW	618.00 t	-
	1.3 Cokeries	101.00 t	-
	2.1/2.2/2.3/2.4/2.5/2.6 Industrie des métaux et installations de grillage ou de frittage de minerai métallique, installations destinées à la production de métaux ferreux et non ferreux	9,230.00 t	-
	3.1/3.3/3.4/3.5 Installations destinées à la production de clinker (>500t/j), chaux (>50t/j), verre (>20t/j), matières minérales (>20t/j) ou de produits céramiques (>75t/j)	2,355.60 t	-
	6.1 Installations industrielles destinées à la fabrication de pâte à papier à partir du bois ou d'autres matières fibreuses, et de papier et carton (>20t/j)	378.00 t	-
PM10 (Particules de diamètre inférieur à 10 µm) total		12,682.60 t	-

Sources : registre EPER, <http://www.eper.cec.eu.int/eper>

Annexe 5 : Localisation géographique des 7 lacs wallons étudiés

(d'après Gennotte *et al.*, 2005²¹⁴)



²¹⁴ GENNOTTE V., BERTRAND A., THOME J.P., GOFFART A., EVERBECQ E., SMITZ J., DELIEGE J.F. (2005). *Calcul des charges critiques en métaux lourds pour les eaux de surface en Région wallonne – Ecosystèmes aquatique : réservoirs de barrage et lacs*. Rapport final. Convention Ministère de la Région wallonne (DGRNE)/Aquapôle/ULg (CEME). 46 pp.

Annexe 6 : Inventaire des appareils contenant des PCBs/PCTs présents sur le territoire de la Région wallonne

(en date du 01/03/2006)

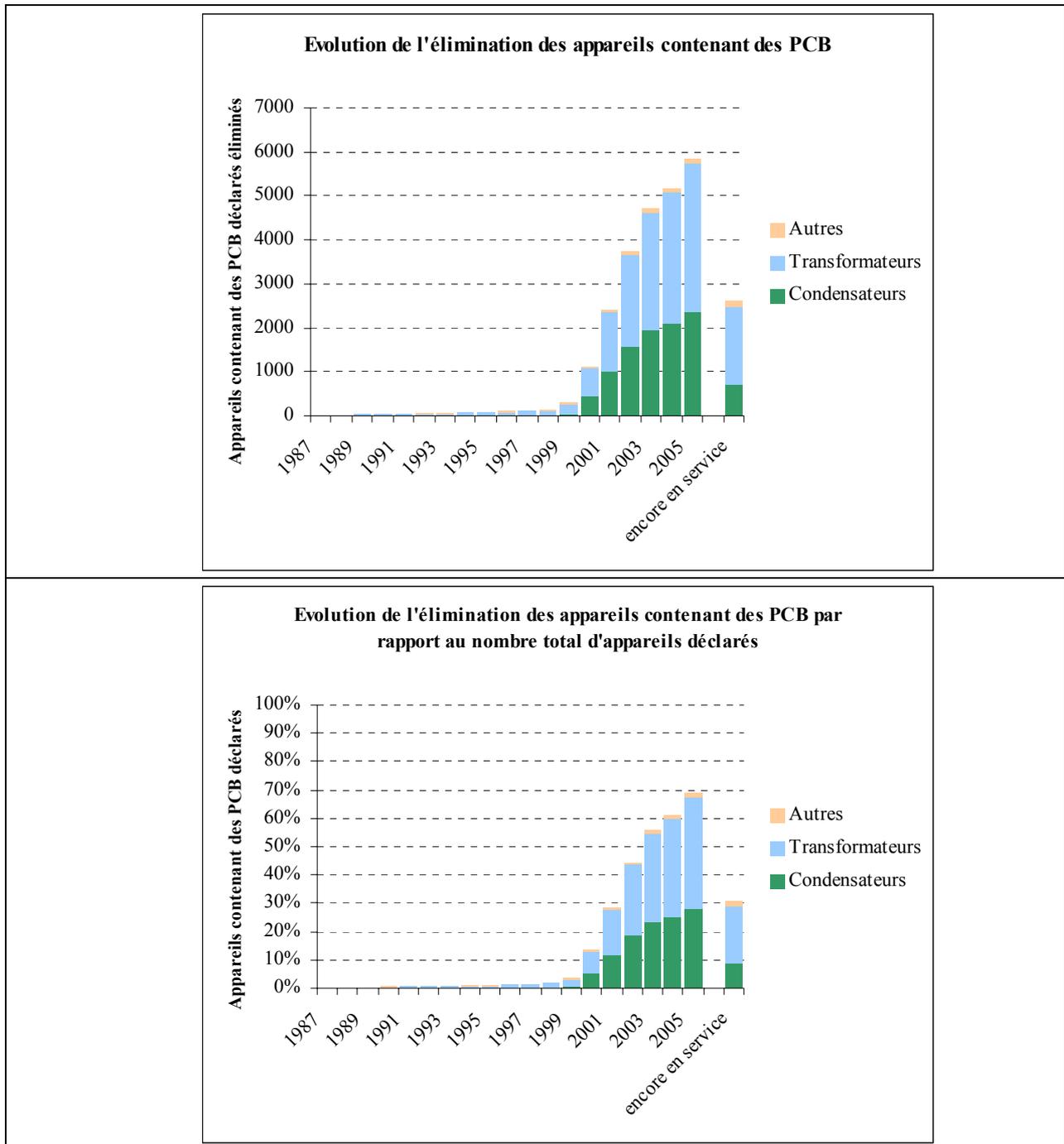
Nombre d'appareils repris dans la base de données	8680
▪ Nombre d'appareils éliminés	5849
▪ Nombre d'appareils sans PCB	182
▪ Nombre d'appareils non identifiables (erreur d'encodage)	3
▪ Nombre d'appareils encore en service (ou dont l'élimination n'a été notifiée à l'OWD ²¹⁵) dont la date d'élimination était 2001	406
▪ Nombre d'appareils encore en service (ou dont l'élimination n'a été notifiée à l'OWD) dont la date d'élimination était 2002-2004	9
▪ Nombre d'appareils encore en service (ou dont l'élimination n'a été notifiée à l'OWD) dont la date d'élimination est 2005	1682
▪ Nombre d'appareils en service ayant une dérogation permettant l'élimination au plus tard en 2010 (certains appareils avant cette date)	496
▪ Nombre d'appareils en service pouvant être éliminés en fin de vie (teneur en PCB comprise entre 50-500 ppm)	37
▪ Nombre d'appareils pour lesquels une enquête de la DPE a été sollicitée (car courriers de l'Office ont été renvoyés par la Poste)	16
Nombre d'entreprises concernées – date d'élimination 2001	48
Nombre d'entreprises concernées – date d'élimination 2005	258

Etat des lieux par Division de la Police de l'environnement

	Charleroi	Liège	Mons	Namur-Luxembourg
Nombre d'appareils encore en service (ou dont l'élimination n'a été notifiée à l'OWD) dont la date d'élimination est < ou = 2005	601	547	373	592
Nombre d'entreprises concernées	108	105	68	89

²¹⁵ Office Wallon des Déchets

Annexe 7 : Evolution de l'élimination des appareils contenant des PCBs



Annexe 8 : Valeurs d'activité EROD moyennes mesurées chez les poissons prélevés lors des différentes campagnes de pêche

(en pmol/min*mg de protéines)

L'acronyme STEP signifie « Station d'Épuration »

Cours d'eau	Lieu	Date de prélèvement	Espèce	Sexe	Nombre d'analyses	EROD (pmol/min*mg de protéines)	
						moyenne	ecart-type
Semois	Bohan	18/12/2002	Chevaines	F	4	2.85	0.48
Semois	Bohan	18/12/2002	Chevaines	M	1	4.75	/
Sûre	Martelange	20/12/2002	Chevaines	F	8	3.31	1.94
Our	Ouren	20/12/2002	Chevaines	F	2	2.71	0.25
Meuse	Lixhe	23/04/2003	Chevaines	M	3	20.63	5.31
Meuse	Lixhe	23/04/2003	Chevaines	F	1	14.03	/
Ton	Lamorteau	30/04/2003	Chevaines	F	15	6.93	3.29
Ton	Lamorteau	30/04/2003	Chevaines	I	2	44.26	2.65
Semois	Chiny	5/05/2003	Chevaines	F	12	0.76	0.4
Semois	Chiny	5/05/2003	Chevaines	M	4	6.43	0.59
Vesdre	Vaux-sous-Chèv remont	6/05/2003	Chevaines	F	4	3.89	3.84
Vesdre	Vaux-sous-Chèv remont	6/05/2003	Chevaines	M	4	11.81	7.99
Ourthe	Maboge	9/05/2003	Chevaines	F	4	0.33	0.07
Ourthe	Maboge	9/05/2003	Chevaines	M	3	8.36	2.6
Ourthe	Comblain-la-Tour	15/05/2003	Chevaines	F	6	3.87	5.66
Ourthe	Comblain-la-Tour	15/05/2003	Chevaines	M	4	4.28	2.76
Mehaigne	Wanze	22/05/2003	Chevaines	F	2	5.05	0.64
Mehaigne	Wanze	22/05/2003	Chevaines	M	7	18.56	7.09
Mehaigne	Wanze	22/05/2003	Chevaines	I	1	11.62	/
Ourthe	Ortho	17/06/2003	Chevaines	F	2	1.78	1.02
Ourthe	Ortho	17/06/2003	Chevaines	M	3	18.06	5.48
Ourthe	Ortho	17/06/2003	Chevaines	I	1	17.75	/

Annexe 8 (suite) : Valeurs d'activité EROD moyennes (pmol/min*mg de protéines) mesurées chez les poissons prélevés lors des différentes campagnes de pêche.

Cours d'eau	Lieu	Date de prélèvement	Espèce	Sexe	Nombre d'analyses	EROD (pmol/min*mg de protéines)	
						moyenne	ecart-type
Trouille	Givry	25/06/2003	Chevaines	F	2	2.45	0.08
Trouille	Givry	25/06/2003	Chevaines	M	2	19.04	6.48
Grande Honnelle	Baisieux	25/06/2003	Chevaines	F	4	4.68	3.02
Mehaigne	Latinne/Hosdent	4/07/2003	Chevaines	M	3	17.42	18.16
Mehaigne	Latinne/Hosdent	4/07/2003	Chevaines	F	2	21.96	24.69
Rulles	Marbehan	9/09/2003	Chevaines	F	5	1.88	0.57
Ourthe	Angleur (barrage)	23/09/2003	Chevaines	F	1	5.36	/
Ourthe	Angleur (barrage)	23/09/2003	Chevaines	M	6	17.73	6.23
Our	Andeler	2/10/2003	Chevaines	F	7	1.81	1.06
Our	Andeler	2/10/2003	Chevaines	M	1	2.97	/
Ton	Lamorteau	22/10/2003	Goujons	F	3	11.61	6.03
Ton	Lamorteau	8/03/2004	Goujons	M	1	12.16	/
Ton	Harnoncourt	23/10/2003	Goujons	F	1	4.68	/
Ton	Harnoncourt	23/10/2003	Goujons	M	2	5.92	0.74
Ton	Lamorteau	8/03/2004	Goujons	F	8	4.05	2.10
Ton	Lamorteau	8/03/2004	Goujons	M	12	23.71	11.31
Rulles	Habay-la-vieille	11/03/2004	Goujons	F	3	10.99	7.64
Rulles	Habay-la-vieille	11/03/2004	Goujons	M	2	8.66	2.76
Ton	Lamorteau	30/03/2004	Goujons	F	6	4.25	1.68
Ton	Lamorteau	30/03/2004	Goujons	M	14	33.07	13.10
Ton	Harnoncourt	31/03/2004	Goujons	F	6	5.22	2.78
Ton	Harnoncourt	31/03/2004	Goujons	M	10	14.03	6.78
Vesdre	Vaux-ss-Chèvremont	1/04/2004	Goujons	F	7	8.84	6.82
Vesdre	Vaux-ss-Chèvremont	1/04/2004	Goujons	M	9	34.62	12.02
Rulles	Habay-la-vieille	2/04/2004	Goujons	F	6	14.23	8.01
Rulles	Habay-la-vieille	2/04/2004	Goujons	M	1	10.52	/
Ton	Lamorteau	27/04/2004	Goujons	F	1	9.69	/
Ton	Lamorteau	27/04/2004	Goujons	M	12	43.35	19.26
Vesdre	Vaux-ss-Chèvremont	29/04/2004	Goujons	F	5	8.81	2.26
Vesdre	Vaux-ss-Chèvremont	29/04/2004	Goujons	M	2	58.62	0.83
Rulles	Habay-la-vieille	30/04/2004	Goujons	F	5	6.68	1.06
Rulles	Habay-la-vieille	30/04/2004	Goujons	M	7	81.24	37.98
Ton	Lamorteau	25/05/2004	Goujons	F	1	8.16	/
Ton	Lamorteau	25/05/2004	Goujons	M	11	29.08	12.02
Ton	Harnoncourt	26/05/2004	Goujons	F	4	2.89	1.20
Ton	Harnoncourt	26/05/2004	Goujons	M	6	14.56	8.99
Rulles	Habay-la-Vieille	28/05/2004	Goujons	F	11	11.81	17.92
Rulles	Habay-la-Vieille	28/05/2004	Goujons	M	4	66.35	91.53
Vesdre	Aval STEP Goffontaine	27/10/2004	Goujons	F	8	10.30	4.49
Vesdre	Aval STEP Goffontaine	27/10/2004	Goujons	M	1	12.88	/
Vesdre	Aval STEP Goffontaine	27/10/2004	Loches	F	1	22.06	/
Vesdre	Aval STEP Goffontaine	27/10/2004	Loches	M	5	45.85	5.52
Vesdre	Aval STEP Wegnez	3/11/2004	Goujons	F	6	4.97	0.74
Vesdre	Aval STEP Wegnez	3/11/2004	Goujons	Mi	5	8.37	1.30
Vesdre	Aval STEP Wegnez	3/11/2004	Chabots	F	5	34.68	7.06
Vesdre	Aval STEP Wegnez	3/11/2004	Chabots	Mi	5	90.31	19.10
Vesdre	Aval STEP Wegnez	3/11/2004	Loches	F	6	24.04	4.91
Vesdre	Aval STEP Wegnez	3/11/2004	Loches	M	1	13.54	/
Vesdre	Aval STEP Membach	27/10/2004	Chabots	F	1	19.31	/
Vesdre	Aval STEP Membach	27/10/2004	Chabots	M	1	61.52	/
Vesdre	Amont Verviers	8/11/2004	Loches	F	3	7.48	0.69
Vesdre	Amont Verviers	8/11/2004	Loches	M	3	12.87	3.28
Vesdre	Amont STEP Goffontaine	8/12/2004	Chabots	F	3	34.86	3.05
Vesdre	Amont STEP Goffontaine	8/12/2004	Chabots	M	3	79.84	8.47
Vesdre	Amont STEP Goffontaine	8/12/2004	Loches	F	3	9.16	1.93
Vesdre	Amont STEP Goffontaine	8/12/2004	Loches	M	3	17.66	0.99

Annexe 9 (suite) : Bilan de l'échantillonnage complet réalisé dans le cadre de l'étude de la contamination des poissons d'eau douce par les PCBs et les dioxines en Région wallonne

Bassin	Sous-bassin	Rivière	Station	Nombre de poissons analysés				
				Chevaines	Anguilles	Brèmes	Sandres	Goujons
M e u s e	S a m b r e	<i>EAU D'HEURE 1</i>	JAMIOULX	6	Absentes (barrages de la Sambre)			
		<i>HANTES 1</i>	WIHERIES	6	Absentes (barrages de la Sambre)			
		<i>SAMBRE 1</i>	LANDELIES	5	/	5		
		<i>SAMBRE 2</i>	MARCHIENNE-AU-PONT	/	/	5		
	S c h i e r s	<i>RULLES 1</i>	MARBEHAN	5	Pas recherchées à cet endroit			
		<i>RULLES</i>	HABAY-LA-VIEILLE	Pas recherchés à cet endroit				54
		<i>SEMOIS 1</i>	BOHAN	6	3			
		<i>SEMOIS 2</i>	CHINY	8	1			
		<i>TON 1</i>	LAMORTEAU	8				60
		<i>TON 2</i>	HARNONCOURT	Pas recherchés à cet endroit				22
	V e s d r e	<i>HOEGNE 1</i>	THEUX	7	Absentes (barrages de la Vesdre)			
		<i>VESDRE 1</i>	VAUX-S/CHEVREMONT	11	4			36
		<i>VESDRE 2</i>	CHENEE	/	1			
		<i>VESDRE 3 & 4</i>	CHAUDFONTAINE	8	4			
		<i>VESDRE 5</i>	NESSONVAUX	6	/			
		<i>HAUTE VESDRE</i>	AVAL DOLHAIN	Pêche infructueuse le 02/07/03				
E s c a u t	D e n d r e	<i>DENDRE canalisée 1</i>	REGION D'ATH	Pas recherchés à cet endroit		/	5	
		<i>DENDRE orientale</i>	Amont confluence Dendre occ.	Pêche infructueuse le 08/07/03				
	D y l e G e t t e	<i>DYLE BASSIN</i>	1-2 stations à identifier	Pas recherchés à cet endroit		Pêche infructueuse		
	E s c a u t L y s	<i>ESCAUT 1</i>	KAIN	Pas recherchés à cet endroit		/	5	
		H a i n e	<i>GRANDE-HONNELLE 1</i>	BAISIEUX	6	Absentes		
<i>TROUILLE 1</i>	GIVRY		6	Absentes				
R h i n	M o s e l l e	<i>OUR 1</i>	OUREN	7	/			
		<i>OUR 2</i>	ANDLER	8	Absentes (barrages de Vianden)			
		<i>SURE 1</i>	MARTELANGE	11	5			

Annexe 10 : Intérêt des chevaines (a) et des anguilles (b) en tant qu'espèces sentinelles de la contamination des rivières par les PCBs et les dioxines.

a. Intérêt du chevaine (*Leuciscus cephalus*) en tant qu'espèce sentinelle de la contamination par les PCBs et les dioxines.

- espèce sauvage (pas de repeuplements) très répandue en Wallonie dans un large éventail de milieux, depuis les tronçons les plus lents de la zone à truite (ex haute Amblève) jusqu'aux fleuves et canaux. Le chevaine est présent notamment dans tous les grands bassins hydrographiques de Wallonie (Meuse, Rhin, Oise et Escaut);
- espèce à assez grande tolérance écologique pour la qualité de l'eau et l'habitat physique, ce qui explique sa large distribution (espèce ubiquiste);
- poisson relativement peu mobile au moment de la reproduction, donc représentatif d'une station donnée;
- régime alimentaire typiquement omnivore comprenant des végétaux, des invertébrés benthiques et d'origine terrestre, des poissons (y compris ses congénères car il est cannibale) et des batraciens;
- détermination de l'âge possible par examen des écailles, abondance généralement suffisante pour opérer des prélèvements d'un échantillon de poissons de même âge ou taille et poissons atteignant des tailles-poids qui autorisent le prélèvement d'échantillons de tissus requis pour les analyses;
- écologie des populations relativement bien connue dans divers types de rivières en Wallonie;
- données écotoxicologiques disponibles pour des cours d'eau étrangers, notamment français.

b. Intérêt de l'anguille (*Anguilla anguilla*) en tant qu'espèce sentinelle de la contamination par les PCBs et les dioxines.

- espèce sauvage (pas de repeuplements) largement répandue dans les réseaux hydrographiques wallons (sauf en amont de barrages infranchissables pour les anguilles migratrices qui remontent de la mer pour coloniser les eaux continentales) et relativement facile à capturer par pêche à l'électricité et/ou nasses;
- espèce relativement sédentaire au stade de l'anguille jaune > 40 cm. La migration estivale de remontée à partir de la mer concerne surtout des juvéniles < 40 cm tandis que la migration automnale de descente vers la mer concerne des adultes reproducteurs > 70 cm (anguilles argentées);
- poisson à régime alimentaire carnivore (invertébrés, poissons) qui, par sa position de carnivore dans la chaîne alimentaire, tend à bioaccumuler les toxiques;
- poisson à chair fort grasse (16-28 %) particulièrement sensible à l'accumulation des substances lipophiles. Indépendamment de cette haute teneur en lipides du muscle, poisson aussi fort sensible à la bioaccumulation dans le muscle de métaux lourds comme le mercure;
- poisson servant de proie à des vertébrés terrestres liés au milieu aquatique (héron, cormoran, loutre) et susceptible d'être consommé par l'homme en raison de la qualité de sa chair;
- bonne connaissance de la distribution géographique, de l'abondance et de la mobilité de l'espèce dans le bassin de la Meuse, notamment grâce au suivi des passages dans les échelles à poissons;
- existence de nombreuses données de référence toxicologiques en Europe (notamment en Flandre et aux Pays-Bas) ainsi que de données expérimentales. Informations toxicologiques sur l'anguille nord-américaine *Anguilla rostrata*.

Annexe 11 : Récapitulatif des stations d'échantillonnage et acronymes utilisés dans les Figure 23 à Figure 28

<u>Bassin</u>	<u>Sous-bassin</u>	<u>Cours d'eau</u>	<u>N° de code</u>	<u>Localité</u>
Meuse	Amblève	Amblève	AMB 1	Comblain-la-Tour/Halleux
		Amblève	AMB 2	Deidenberg
		Amblève	AMB 3	Lorcé-Mabompré
		Warche	WAR 1	Robertville
	Lesse	Lesse	LES 1	Redu
		Lesse	LES 2	Eprave
		Lhomme	LHO 1	Poix-st-Hubert
	Meuse-amont	Eau-Blanche	EAB 1	Aublain
		Meuse	MEU 5	Waulsort
		Meuse	MEU 3	Tailfer
		Samson	SAM 1	Goyet
		Viroin	VIR 1	Vierves/Dourbes Olloy
	Meuse-aval	Berwinne	BER 1	Mortroux
		Berwinne	BER 2	Berneau
		Canal Albert	C/ALB 1	Lanaye
		Gueule	GUE 1	Sippenaeken
		Gueule	GUE 2	Plombières
		Hoyoux	HOY 1	Huy
		Mehaigne	MEH 1	Goyet
		Mehaigne	MEH 2	Latinnes-Hosdent
		Mehaigne	MEH 3	Wanze
		Meuse	MEU 1	Tihange
		Meuse	MEU 2	Lixhe/Visé
		Meuse	MEU 4	Ben Hahin/Ampsin
	Ourthe	Aisne	AIS 1	Bomal
		Aisne	AIS 2	Haut-Roche
		Ourthe	OTH 1	Comblain-la-tour
		Ourthe	OTH 2	Tilff-Colonster
		Ourthe	OTH 3	Hotton
		Ourthe	OTH 4	Houffalize
		Ourthe	OTH 5	Ortho
		Ourthe	OTH 6	Maboge
		Ourthe	OTH 7	Angleur
		Ourthe	OTH 8	Nisramont
		Ourthe	OTH 9	Barvaux
		Ourthe	OTH 10	Bardonwez

Annexe 11 (suite) : Récapitulatif des stations d'échantillonnage et acronymes utilisés dans les Figure 23 à Figure 28

<u>Bassin</u>	<u>Sous-bassin</u>	<u>Cours d'eau</u>	<u>N° de code</u>	<u>Localité</u>
Meuse	Sambre	Eau d'Heure	EDH 1	Jamioulx
		Hantes	HAN 1	Wiheries
		Sambre	SAB 1	Landelies
		Sambre	SAB 2	Marchienne-au-Pont
	Semois-Chiers	Rulles	RUL 1	Marbehan
		Rulles	RUL 2	Habay-la-vieille
		Semois	SEM 1	Bohan
		Semois	SEM 2	Chiny
		Ton	TON 1	Lamorteau
		Ton	TON 2	Harnoncourt
	Vesdre	Hoegne	HOE 1	Theux
		Vesdre	VES 1	Vaux -s/Chevremont
		Vesdre	VES 2	Chênée
		Vesdre	VES 3 et 4	Chaufontaine
		Vesdre	VES 5	Nessonvaux
Vesdre		H VES	Aval Dolhain	
Escaut	Dendre	Dendre	DEN 0	Lessines
		Dendre Orientale	DEN 1	Ath
	Dyle-Gette	Dyle Bassin	/	/
	Escaut-Lys	Escaut	ESC 1	Kain
	Haine	Grande-Honnelle	GHO 1	Baisieux
		Trouille	TRO 1	Givry
Rhin	Moselle	Our	OUR 1	Ouren
		Our	OUR 2	Andler
		Sûre	SUR 1	Martelange