

INFO'TOXIQUES n°2

Campagne 2007

Etat de la contamination des eaux par les
micropolluants en région Ile-de-France

Substances émergentes : que savons-nous ?

Juillet 2009



Ressources, territoires et habitats
Énergie et climat
Prévention des risques
Développement durable
Infrastructures, transports et mer

**Présent
pour
l'avenir**



Direction Régionale de l'Environnement Ile-de-France
Service de l'Eau et des Milieux Aquatiques

Photo page de garde : l'Essonne au niveau des étangs de Mennecey (Crédit : Johan LAVIELLE).

RESUME

Ces dernières années, la prise de conscience grandissante des enjeux sanitaires et environnementaux, liés aux pollutions toxiques dans les milieux aquatiques, a conduit les pouvoirs publics à consolider l'encadrement réglementaire sur cette problématique.

Ainsi, l'Union Européenne et la France se sont dotées d'une réglementation de plus en plus rigoureuse, affichant des objectifs ambitieux de protection et de restauration des milieux aquatiques.

La Directive Cadre sur l'Eau (DCE) du 23 octobre 2000, déclinée en France à travers les Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE), impose à ce titre le retour au bon état écologique et chimique des masses d'eau de surface et souterraine.

Les milieux aquatiques de la région Ile-de-France, qui concentre une urbanisation très dense et de nombreuses activités industrielles et commerciales, sont particulièrement exposés aux polluants. De ce fait, le besoin de caractériser de façon fiable l'état de ces masses d'eau apparaît primordial.

Le premier Info'toxiques, publié par la DIREN Ile-de-France en novembre 2005, visait à établir un premier constat de la contamination francilienne par les substances dangereuses, via les données existantes qui portaient essentiellement sur les sédiments. Cette première publication s'inscrivait alors dans la logique du Plan National d'Actions sur les substances dangereuses, lancé la même année par le ministère en charge de l'environnement.

Ce deuxième numéro suit la récente évolution des réglementations, européenne et nationale, et permet de dresser de façon incontestable la situation de l'état des masses d'eau de la région avec les règles d'évaluation fixées au niveau communautaire. Caractériser l'état de la contamination des eaux franciliennes est en effet le préalable à toute action de réduction de rejets de substances et participe à la meilleure prise en compte des milieux aquatiques dans les projets à venir.

Ainsi, le présent document constitue une synthèse régionale des données acquises sur les micropolluants dans les cours d'eau. Elle résulte notamment de l'exploitation des données recueillies durant l'année 2007 sur une centaine de points de suivis des rivières franciliennes.

Les résultats confirment la contamination de ces milieux par certains micropolluants, notamment les métaux (cuivre, zinc, plomb et mercure), les pesticides (essentiellement des herbicides – diuron et isoproturon) et les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) d'origine pyrolytique, ces derniers étant les principaux responsables du déclassement de la qualité des masses d'eau.

L'autre fait marquant du traitement de ces données est la difficulté analytique inhérente à plusieurs de ces substances, pouvant occasionner une sous-estimation de la dégradation du milieu.

Il apparaît donc nécessaire de consolider les méthodes analytiques et de poursuivre la surveillance du milieu, en s'interrogeant en parallèle sur l'ensemble des impacts environnementaux et sanitaires associés. Pour continuer dans cette approche, le dernier chapitre de cet Info'toxiques aborde la problématique des substances émergentes. Il dresse un état des connaissances sur le sujet, qui laisse encore place à beaucoup d'interrogations et d'incertitudes.

SOMMAIRE

RESUME 3

SOMMAIRE..... 4

INTRODUCTION..... 6



CONTEXTE REGLEMENTAIRE..... 7
 Préserver la qualité des eaux et des milieux aquatiques..... 7
 Concilier la qualité de l'eau avec ses différents usages..... 8
 Surveiller et réduire les rejets polluants..... 9
 Renforcer la réglementation sur les substances dangereuses 10



L'ETAT CHIMIQUE DCE EN ILE-DE-FRANCE 11
 Contexte 11
 Les réseaux de surveillance..... 12
 Le bon état chimique des eaux..... 14
L'état chimique des eaux souterraines..... 14
L'état chimique des eaux de surface 15



FOCUS 1 : LES METAUX ET METALLOÏDES 19
 Origines des métaux et métalloïdes dans les milieux aquatiques 20
 Etat de la contamination des eaux superficielles par les métaux 20
Contamination par les 4 métaux Etat chimique DCE : cadmium, mercure, nickel et plomb .. 20
Contamination par les 4 métaux Etat écologique DCE : arsenic, chrome, cuivre et zinc..... 21
 Etat de la contamination des sédiments par les métaux 23
 Conclusion..... 24



FOCUS 2 : LES HAP 26
 Origines des HAP dans les milieux aquatiques..... 26
 Etat de la contamination des eaux superficielles par les HAP 27
 Etat de la contamination des sédiments par les HAP..... 28
 Conclusion..... 29



FOCUS 3 : LES PRODUITS PHYTOSANITAIRES 31
 Avant-propos31
 Origines des produits phytosanitaires dans les milieux aquatiques31
 Etat de la contamination des eaux superficielles par ces pesticides32
Contamination par les pesticides DCE.....32
Contamination par le glyphosate et l'AMPA.....33
 Conclusion34



FOCUS 4 : LES POLYCHLOROBIPHENYLES 37
 Origines des polychlorobiphényles dans les milieux aquatiques37
 Etat de la contamination des sédiments par les polychlorobiphényles.....37
 Le Plan national d'actions sur les polychlorobiphényles38



FOCUS 5 : LES AUTRES TYPES DE POLLUANTS 39



SUBSTANCES EMERGENTES : UN NOUVEL ENJEU ? 41
 Problématique.....41
 Ecotoxicologie et risque environnemental41
 Résidus médicamenteux : une nano contamination avérée.....42
 De multiples programmes de recherche.....43
 Conclusion45

CONCLUSION 47

BIBLIOGRAPHIE 49

ABREVIATIONS..... 51

GLOSSAIRE 53

ANNEXES 55

INTRODUCTION

Profondément liée à l'actualité, la problématique des substances dangereuses et des enjeux sanitaires et environnementaux associés ne cessent de croître.

Le nombre de substances chimiques communément utilisées dans les pays développés et donc susceptibles d'être retrouvées dans l'environnement ne cesse de croître. C'est pourquoi, en 2005, avait été initié le Programme National d'Action contre la pollution des milieux aquatiques par les substances dangereuses, priorité nationale de l'époque. Les résultats des investigations menées dans le cadre de ce programme avaient d'ailleurs fait l'objet du premier Info'toxiques de la DIREN Ile-de-France, publié en novembre 2005. Même si une meilleure maîtrise des produits chimiques utilisés en Europe est attendue depuis la mise en place du règlement REACH, la lutte contre les substances toxiques dans les eaux s'est vue renforcée en 2008. Il s'agit notamment de métaux lourds, de dérivés pétroliers, de pesticides, de solvants, de détergents ou de médicaments, etc. qui, par leurs caractères persistants, bioaccumulables* et toxiques, peuvent avoir de lourds impacts sur l'environnement et la santé humaine, avec des effets parfois irréversibles sur les écosystèmes. Parmi ces substances, 33 ont été jugées prioritaires par la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) et 8 autres polluants ont été repris d'une directive de 1976.

Du fait d'une diminution des rejets de substances toxiques, la qualité des cours d'eau s'améliore depuis une quinzaine d'années. Toutefois ces efforts doivent être poursuivis, appuyés par une réglementation solide et ambitieuse. Ainsi, un point sur le cadre réglementaire dans lequel s'inscrit cette problématique est dressé en première partie de ce document afin d'examiner les enrichissements de ces dernières années.

L'exploitation des résultats d'analyses de micropolluants sur l'année 2007 a permis de réaliser un état des lieux de l'altération de nos cours d'eau par ces substances en Ile-de-France. Deux méthodes de traitement de données ont été utilisées selon les substances et la matrice* d'analyse : la comparaison avec les **Normes de Qualité Environnementales** (NQE) de la directive fille du 16 décembre 2008 d'une part et l'utilisation du **Système d'Evaluation de la Qualité des eaux** (SEQ-Eau) d'autre part.

Enfin, la problématique des **substances émergentes***, nouvel enjeu pour la préservation des milieux aquatiques, dans les eaux clôture ce document.

* Les mots et expressions suivis d'un * sont explicités dans le glossaire page 53.



CONTEXTE REGLEMENTAIRE

De nombreux textes européens et français réglementent la présence de substances dangereuses dans les milieux aquatiques, en privilégiant notamment trois stratégies d'approches :

- ❑ la réglementation relative à la qualité des eaux :
 - ⇒ pour protéger le milieu ;
 - ⇒ pour garantir les usages de l'eau.
- ❑ la réglementation des rejets de substances ;
- ❑ la réglementation des mises sur le marché des substances.

L'ensemble des textes réglementaires cités ci-après sont consultables en ligne sur le site de Legifrance (www.legifrance.gouv.fr) pour le droit français et sur le site de EUR-Lex (eur-lex.europa.eu/fr/index.htm) pour les directives et règlements européens.

PRESERVER LA QUALITE DES EAUX ET DES MILIEUX AQUATIQUES

La **Directive Cadre sur l'Eau** 2000/60/CEE du 23 octobre 2000 engage les pays de l'Union Européenne dans une politique de reconquête de la qualité de l'eau et des milieux aquatiques d'ici 2015. Parmi ces objectifs environnementaux figurent la non détérioration des ressources en eau, l'atteinte du bon état des masses d'eau*, ou encore la réduction ou la suppression des émissions des substances prioritaires et substances dangereuses prioritaires.

Elle distingue 33 substances prioritaires et dangereuses et 8 autres polluants (voir *Annexe 1*). Parmi les substances prioritaires, 13 d'entre elles sont dites "substances dangereuses prioritaires", pour lesquelles les rejets doivent être supprimés d'ici 2021 (sauf pour l'antracène et l'endosulfan dont l'échéance est 2028) ; les substances restantes doivent voir leurs rejets réduits, avec un objectif national de 30% d'ici 2015.

Dans son processus de mise en place, elle vient renforcer ou abroger certaines directives antérieures à travers des directives filles.

Eau de surface

Pour les eaux de surface, la **directive 2006/11/CE** établissant des règles de protection et de prévention contre la pollution résultant du rejet de certaines substances dans le milieu aquatique codifié* et remplace la directive 76/464/CEE. Cette directive sera abrogée par la DCE à compter du 22 décembre 2013.

La **directive 2008/105/CE** du 16 décembre 2008 apporte des éléments fondamentaux pour l'évaluation du bon état chimique des masses d'eau superficielle, en définissant des Normes de Qualité Environnementale pour les 41 substances. Elle doit être transposée au plus tard le 13 juillet 2010.

Un guide ministériel du 30 mars 2009, le Guide technique d'évaluation de l'état des eaux douces de surface de métropole, précise la méthodologie d'évaluation de l'état chimique des masses d'eau superficielle.

Eau souterraine

Concernant la protection des eaux souterraines, la **directive 2006/118/CE** succède à la directive 80/68/CEE (abrogée en 2013 par la DCE) encadrant les rejets de substances toxiques dans les eaux souterraines. Elle précise les éléments de définition du bon état chimique pour les eaux souterraines et fixe des mesures spécifiques à prendre pour prévenir et contrôler la pollution de ces eaux. Cette directive est en partie transposée par le décret n°2008-1306 relatif aux SDAGE, appliqué par l'arrêté du 17 décembre 2008.

Cette directive exige également une évaluation des tendances à la hausse significative et durable de polluants dans les masses d'eau souterraine. Cette procédure d'identification est actuellement en cours de réflexion au ministère.

Les mesures d'interdiction ou de limitation d'introduction de polluants dans les eaux souterraines font l'objet de l'arrêté du 17 juillet 2009, qui finit de transposer la directive 2006/118/CE, notamment son art. 6.

Il fixe, dans ses annexes I et II, la liste des substances dangereuses et des polluants non dangereux, mentionnées à l'article R.212-9-1 du code de l'environnement relatif à la prévention de l'introduction de toutes substances dangereuses dans les eaux souterraines : 160 substances dangereuses y sont identifiées actuellement.

La circulaire DCE 2006/18 définit le bon état pour les masses d'eau souterraine ainsi que des valeurs-seuils provisoires. Cette circulaire est précisée par deux guides techniques du BRGM, encore en projet actuellement, relatif à la procédure d'évaluation du bon état chimique des masses d'eau souterraine.

Contrairement aux politiques antérieures axées sur des objectifs de moyens, la DCE impose des objectifs de résultats en matière de gestion durable des rivières. Elle trouve un appui avec la **Loi n°2006-1772 sur l'Eau et les Milieux Aquatiques** (LEMA), adoptée le 30 décembre 2006, qui définit entre autres les moyens permettant de remplir ces objectifs de bon état.



PNAR

Afin d'atteindre l'objectif de bon état chimique des eaux en 2015 et de lutter contre la pollution des milieux aquatiques, un **Programme National d'Action contre la pollution des milieux aquatiques** par plus de 150 substances dangereuses a été mis en place par le décret du 20 avril 2005, codifié aux articles R.211-11-1 à R.211-11-3 du Code de l'environnement. Il fait suite à la condamnation de la France par l'Europe au titre de la mauvaise transposition de la directive 76/464/CEE. Les modalités d'application ont été définies par les arrêtés du 20 avril 2005 et du 30 juin 2005 modifiés par l'arrêté du 21 mars 2007, et précisées par la circulaire du 7 mai 2007, cette dernière établissant entre autres des Normes de Qualité Environnementale provisoires (NQEp).

Ce programme a donné lieu en 2005 à un inventaire exceptionnel portant sur 311 substances sur des masses d'eau représentatives de l'ensemble du territoire national (7 stations de mesure en Ile-de-France).

Eau marine

Enfin, bien antérieures à la **directive stratégie marine**, plusieurs conventions internationales affichent des objectifs de prévention et de diminution de la pollution des eaux marines par les sources continentales, incluant un axe sur les substances dangereuses. On peut citer la convention Oskar pour l'Atlantique du nord-est et la convention de Barcelone pour la mer Méditerranée.

CONCILIER LA QUALITE DE L'EAU AVEC SES DIFFERENTS USAGES

Plusieurs directives sectorielles concernant les usages de l'eau et plus spécifiquement les critères de gestion et de qualité à respecter pour conserver ses usages sont également reprises par la DCE.

Ainsi, la **directive 2006/7/CE** fixe des règles pour la surveillance, l'évaluation et la gestion de la qualité des eaux de baignade ainsi que la fourniture d'informations sur la qualité de ces eaux. Elle abrogera la directive 76/160/CEE à compter du 31 décembre 2014.

La **directive 2006/44/CE** vise à protéger les eaux douces afin de sauvegarder les peuplements de poissons aptes à vivre dans ces eaux. Elle remplace et codifie la directive 78/659/CEE, modifiée par la directive 91/692/CEE et par le règlement n°807/2003. Cette directive sera abrogée par la DCE à compter du 22 décembre 2013.

La **directive 2006/113/CE**, relative à la qualité requise des eaux conchylicoles, fixe des exigences de qualité des eaux propices au développement des coquillages. Elle codifie et remplace la directive 79/923/CEE et sera abrogée d'ici 2013 par la DCE.

La **directive 98/83/CE**, relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine, a abrogé depuis fin 2003 l'ancienne directive 80/778/CEE. Elle vise à protéger la santé humaine en établissant des exigences de salubrité et de propreté auxquelles doit satisfaire l'eau potable dans la Communauté. Par ailleurs, la directive 75/440/CEE qui encadrait la qualité des eaux potabilisables a été abrogée par la DCE le 22 décembre 2007.



Le registre des zones protégées, intégré à l'état des lieux du district Seine et cours d'eau côtiers Normands, répertorie toutes les zones protégées existantes. Il se compose d'un registre santé (captages, zones de baignades), d'un registre de protection des habitats et des espèces (zones conchylicoles, zones Natura 2000 et les cours d'eau désignés au titre de la directive vie piscicole) et d'un registre des zones sensibles et des zones vulnérables.

SURVEILLER ET REDUIRE LES REJETS POLLUANTS

La DCE demande aux Etats membres d'instaurer en 2009 ou 2010 un inventaire des émissions, rejets et pertes de ces 41 substances pour chaque district hydrographique. Pour autant, le suivi des rejets polluants a déjà fait l'objet de directives antérieures :

- ❑ la **directive 91/271/CEE**, dite directive ERU (Eaux Résiduaires Urbaines), impose la mise en place de systèmes de collecte et de traitement des eaux usées avec comme ultime échéance le 31 décembre 2005 ;

L'arrêté du 22 juin 2007 et sa circulaire du 15 février 2008, abrogeant les anciens arrêtés du 22 décembre 1994 et du 21 juin 1996, révisent les prescriptions techniques relatives à la collecte, au transport et au traitement des eaux usées et renforce la surveillance de ces rejets. Cet arrêté aborde par ailleurs le sujet des substances dangereuses.

- ❑ la **directive 2008/1/CE**, codifiant et remplaçant la directive 96/61/CE, dite directive IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control), impose une approche globale de l'environnement lors des procédures d'autorisation ou de déclaration des activités industrielles et agricoles présentant un fort potentiel de pollution pour l'environnement. Sa transposition était déjà assurée par la législation relative aux Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE), notamment au travers de la loi du 19 juillet 1976.

De plus, certains rejets dans les eaux souterraines sont interdits depuis l'arrêté du 10 juillet 1990 relatif à l'interdiction de rejets de certaines substances dans les eaux souterraines en provenance d'installations classées, qui faisait suite à la directive 80/68/CEE sur les rejets de substances toxiques dans les eaux souterraines. Ces dispositions ont été étendues aux rejets dans les eaux souterraines autres que ceux provenant d'ICPE par l'arrêté du 22 août 1991 modifiant l'arrêté du 20 novembre 1979 relatif à la lutte contre la pollution des eaux.

Pour certaines de ces ICPE, le **règlement européen n°166/2006** introduit les dispositions à prendre pour la création d'un registre européen des rejets et des transferts de plusieurs dizaines de polluants (via le site de télé-déclaration GEREP), intégrant dans le champ des installations concernées les stations d'épuration de plus de 100 000 Equivalent-Habitant (EH). Ces dispositions sont reprises par l'arrêté du 31 janvier 2008 et sa circulaire d'application du 13 mars 2008.

Pour améliorer la connaissance sur les sources d'émissions de substances dangereuses dans les eaux, une vaste campagne de **Recherche et Réduction des Rejets de Substances Dangereuses dans l'Eau** (3RSDE), finalisée en 2007, a été mise en oeuvre par les DRIRE. Les analyses, qui portaient sur 106 substances, ont été réalisées sur 3 500 rejets et visaient particulièrement le secteur industriel (installations classées) et les stations d'épuration urbaines. Les résultats de l'inventaire, publiés en janvier 2008 sur le site de l'INERIS (rsde.ineris.fr/document/DRC-07-82615-13836C.pdf), ont permis d'associer une liste de substances dangereuses pour les rejets propres à une vingtaine de secteurs d'activité (chimie, métallurgie, textile, traitement de surface, stations d'épuration, etc.).

Une ou plusieurs de ces substances ont été systématiquement identifiées dans chaque rejet des sites analysés et ce, quels que soient l'activité, la taille des entreprises, la nature du tissu industriel et agricole ou le nombre de foyers raccordés aux stations d'épuration. Les métaux, zinc et cuivre en tête, sont les substances les plus fréquemment détectées, suivis des molécules organiques comme le chloroforme, le DEHP et les HAP.



Se fondant sur le bilan de cet inventaire et des premières données obtenues sur la qualité du milieu, un **Plan National d'Action seconde génération** vient d'être lancé en 2009. Il doit permettre de définir la stratégie globale du ministère en matière de lutte contre les pollutions de l'eau par les substances chimiques, en élargissant le champ aux eaux souterraines, et de décliner les actions à engager pour la période 2009-2013.

La circulaire du 5 janvier 2009 prévoit ainsi la mise en place d'une surveillance *a priori* d'une liste de substances attribuables à chaque sous secteur d'activités identifié, afin d'encadrer réglementairement d'ici 2013 les rejets de substances dangereuses dans les eaux pour tous les sites ICPE autorisés.

Cette surveillance doit aboutir au final à la réalisation d'études technico-économiques décrivant les possibilités de réduction, voire de suppression des flux de substances dangereuses rejetés, si les analyses en ont montré la nécessité.

Des actions spécifiques sur les stations d'épuration sont également prévues à travers ce plan mais elles restent encore à définir. Un groupe de travail ministériel doit livrer un projet de circulaire pour la fin de l'année. Il faut savoir que dans les effluents des stations d'épuration, les concentrations de ces toxiques sont généralement plus faibles que dans les effluents industriels, mais les flux rejetés sont plus importants.

Enfin, le **Plan national d'actions sur les polychlorobiphényles** lancé fin 2007 vise à réduire leur rejet et à améliorer la surveillance des milieux aquatiques ainsi que les connaissances scientifiques sur le devenir de ces molécules. Une nouvelle sensibilisation de l'ensemble des détenteurs d'appareils contenant des PCB a été conduite en 2008.

RENFORCER LA REGLEMENTATION SUR LES SUBSTANCES DANGEREUSES

Afin d'assurer un niveau de protection suffisant pour l'homme et son environnement, la législation européenne a réglementé les procédures d'autorisation de mise sur le marché de certaines substances, notamment les produits phytosanitaires (**directive 91/414/CEE**) et les produits biocides (**directive 98/8/CE**).

Adopté à la fin de l'année 2006, le **règlement européen REACH** (Registration, Evaluation and Authorisation of Chemicals), relatif à l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des produits chimiques, renforce les conditions d'autorisation de mise sur le marché de ces produits ainsi que l'étiquetage des substances actives. Désormais, la toxicité et les conséquences environnementales occasionnées par leurs utilisations seront évaluées au préalable avant toute autorisation de mise sur le marché. REACH prévoit l'enregistrement sur 11 ans de 30 000 substances chimiques mises sur le marché avant 1981. Le pré-enregistrement de ces substances auprès de l'Agence européenne des produits chimiques s'est terminé le 1^{er} décembre 2008.

Par ailleurs, certaines conventions internationales ont comme préoccupation cette problématique. Il s'agit notamment de la Convention de Stockholm du 22 mai 2001, entrée en vigueur le 17 mai 2004, sur les Polluants Organiques Persistants* (POP). Elle vise la protection de la santé humaine et de l'environnement par une réduction et une interdiction progressive de la production et de l'utilisation de douze POP, certains étant par ailleurs identifiés comme substances dangereuses prioritaires par la DCE (pesticides cyclodiènes, DDT, hexachlorobenzène).

En France, certaines substances, en particulier les pesticides, font l'objet de programmes d'actions spécifiques. Ainsi, le **Plan Interministériel de Réduction des Risques liés aux Pesticides** (PIRRP), publié le 28 juin 2006 (www.ecologie.gouv.fr/Plan-interministeriel-de-reduction.html), vise à réduire l'utilisation des pesticides et les risques qu'ils génèrent sur la santé humaine, l'environnement et la biodiversité. Un des objectifs de ce plan est de réduire, d'ici fin 2009, de 50% les quantités vendues de 47 substances actives considérées comme les plus dangereuses, dont 6 substances prioritaires : alachlore, chlorfenvinphos, chlorpyrifos-ethyl, diuron, endosulfan et isoproturon.

Dans le cadre des décisions prises à l'issue du Grenelle de l'Environnement, un nouveau plan de réduction de l'usage des pesticides a été lancé. Il s'agit du **plan ECOPHYTO 2018**, piloté par le ministre de l'agriculture, dont la première mesure consiste au retrait d'autorisation de mise sur le marché de 53 substances actives les plus préoccupantes d'ici 2012, dont 30 en 2009 et 10 en 2010. Il vise à réduire de 50% l'usage des pesticides d'ici 10 ans.



L'ÉTAT CHIMIQUE DCE EN ILE-DE-FRANCE

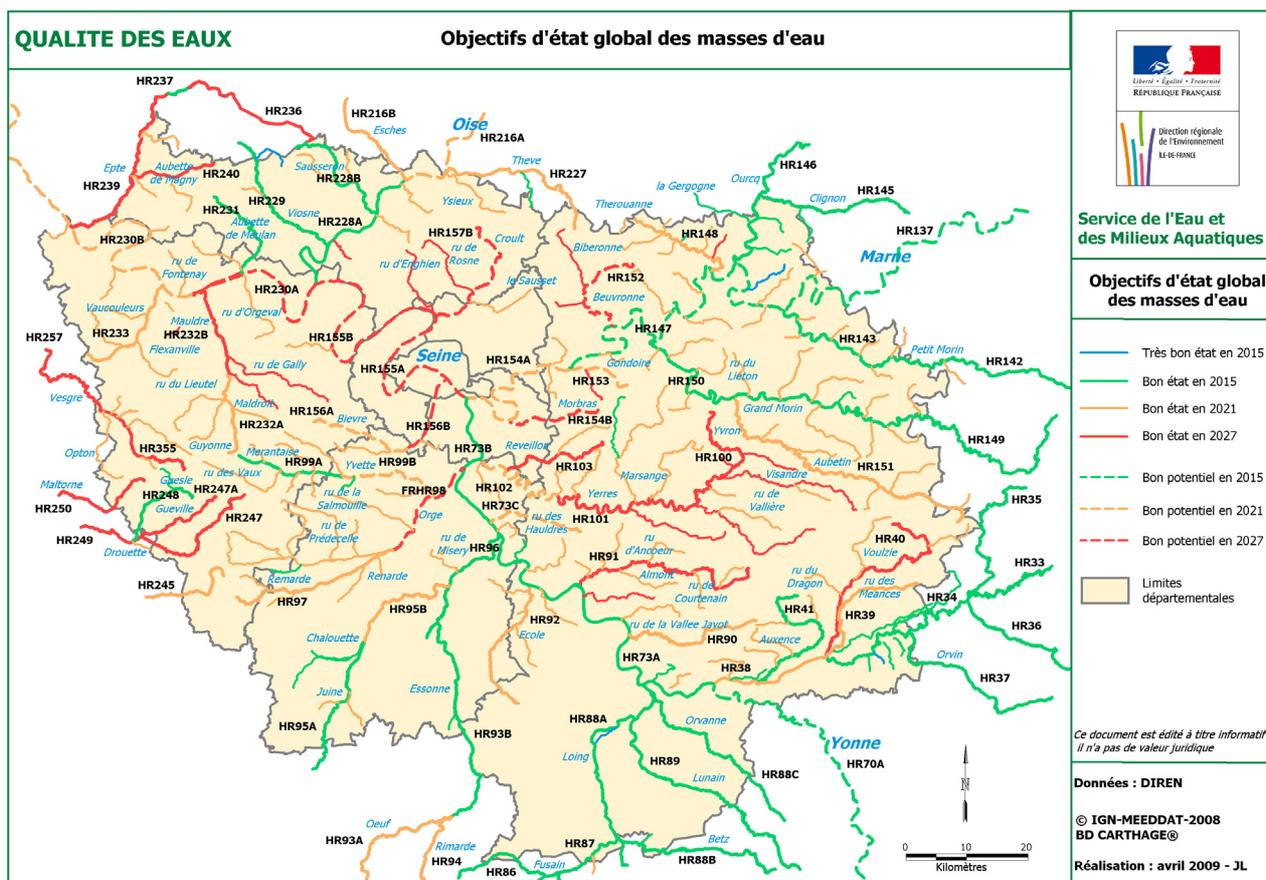
CONTEXTE

La DCE impose des objectifs d'atteinte de bon état des masses d'eau, de surface ou souterraine, ainsi que des objectifs de réduction de rejets. Le SDAGE adopté fin 2009 reprend ces objectifs et attribue des échéances dans l'atteinte du bon état pour chaque masse d'eau.

Les objectifs de réduction des émissions de substances sont définis comme suit :

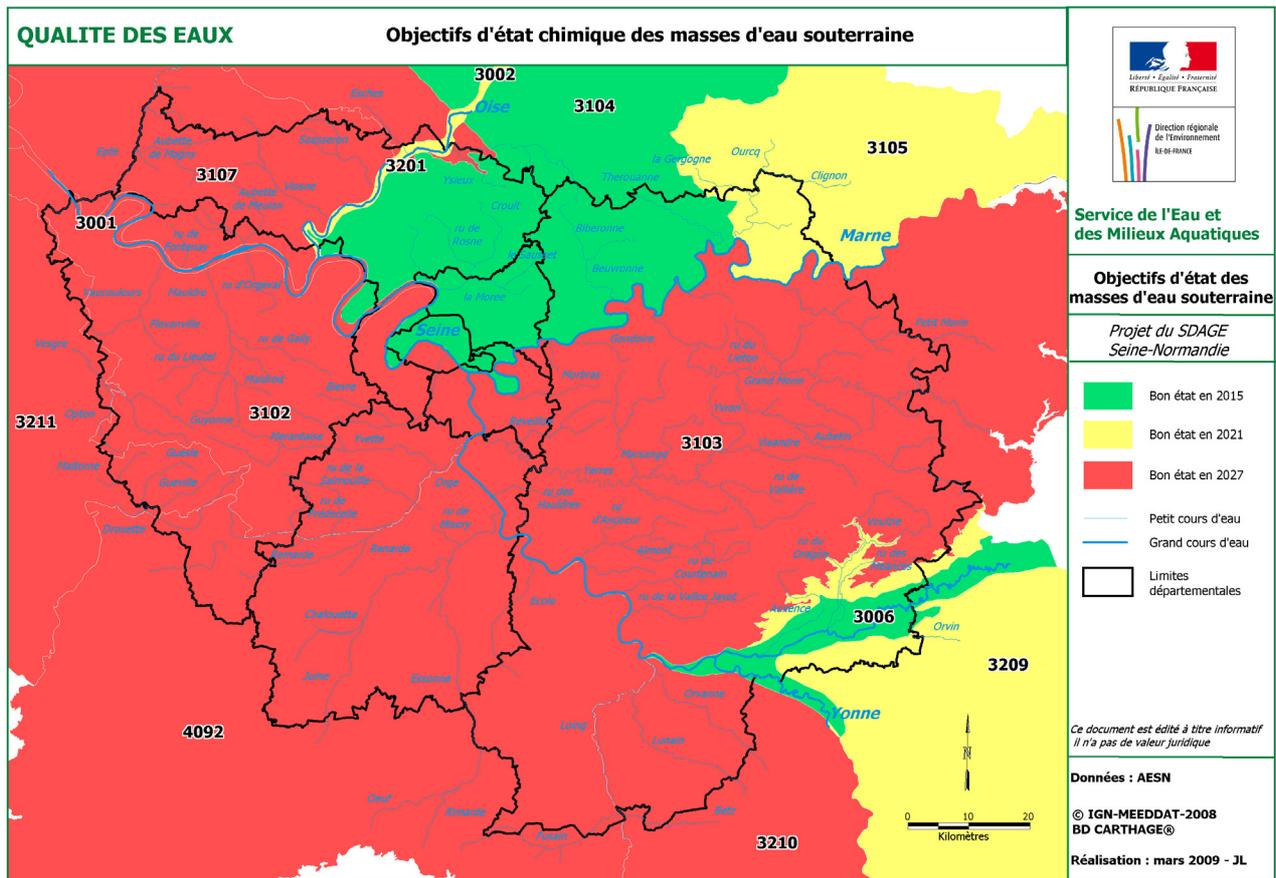
- ❑ 50% de réduction des émissions de substances prioritaires dangereuses (figurant à l'annexe X de la DCE) par rapport aux niveaux d'émission connus en 2004 ;
- ❑ 30% de réduction des émissions de substances prioritaires (figurant à l'annexe X de la DCE) par rapport aux niveaux d'émission connus en 2004 ;
- ❑ 50% de réduction des émissions des autres polluants (8 substances et familles de substances de la liste I de la directive de 76/464 et ne figurant pas à l'annexe X de la DCE) par rapport aux niveaux d'émission connus en 2004 ;
- ❑ 10% de réduction des substances dangereuses pertinentes au titre du programme national d'actions à l'échelle du bassin Seine-Normandie¹ par rapport aux niveaux d'émission connus en 2004.

Les cartes suivantes indiquent les différents objectifs d'atteinte de bon état des masses d'eau. La *carte 1* traite des eaux de surface tandis que la *carte 2* concerne les masses d'eau souterraine.



Carte 1 : Objectif d'atteinte de bon état global des masses d'eau de surface.

¹ Les substances dangereuses pertinentes au titre du programme national d'actions à l'échelle du bassin Seine-Normandie sont une émanation de la liste des substances pertinentes nationales de l'arrêté du 21 mars 2007. Elles ont été choisies par rapport à leur représentativité dans la contamination du bassin hydrographique.



Carte 2 : Objectifs d'atteinte du bon état chimique des masses d'eau souterraine.

LES RESEAUX DE SURVEILLANCE

Dans le cadre de la mise en œuvre de la DCE, le suivi de l'état des masses d'eau passe par la mise en œuvre d'un programme de surveillance, structuré en deux réseaux complémentaires : le **Réseau de Contrôle de Surveillance** (RCS) et le **Réseau de Contrôle Opérationnel** (RCO). Ils ont remplacé le Réseau National de Bassin (RNB) qui ne répondait plus à la logique de contrôle souhaitée par la DCE. Quelques stations de référence viennent compléter ces réseaux.

Le RCS, réseau de veille de sites pérennes, permet de suivre l'état général du milieu depuis 2007. Le RCO, mis en œuvre en 2008, est évolutif et destiné à assurer le suivi des masses d'eau risquant de ne pas atteindre les objectifs environnementaux de la DCE en 2015, ainsi que le suivi des actions mises en place dans le cadre du programme de mesures.

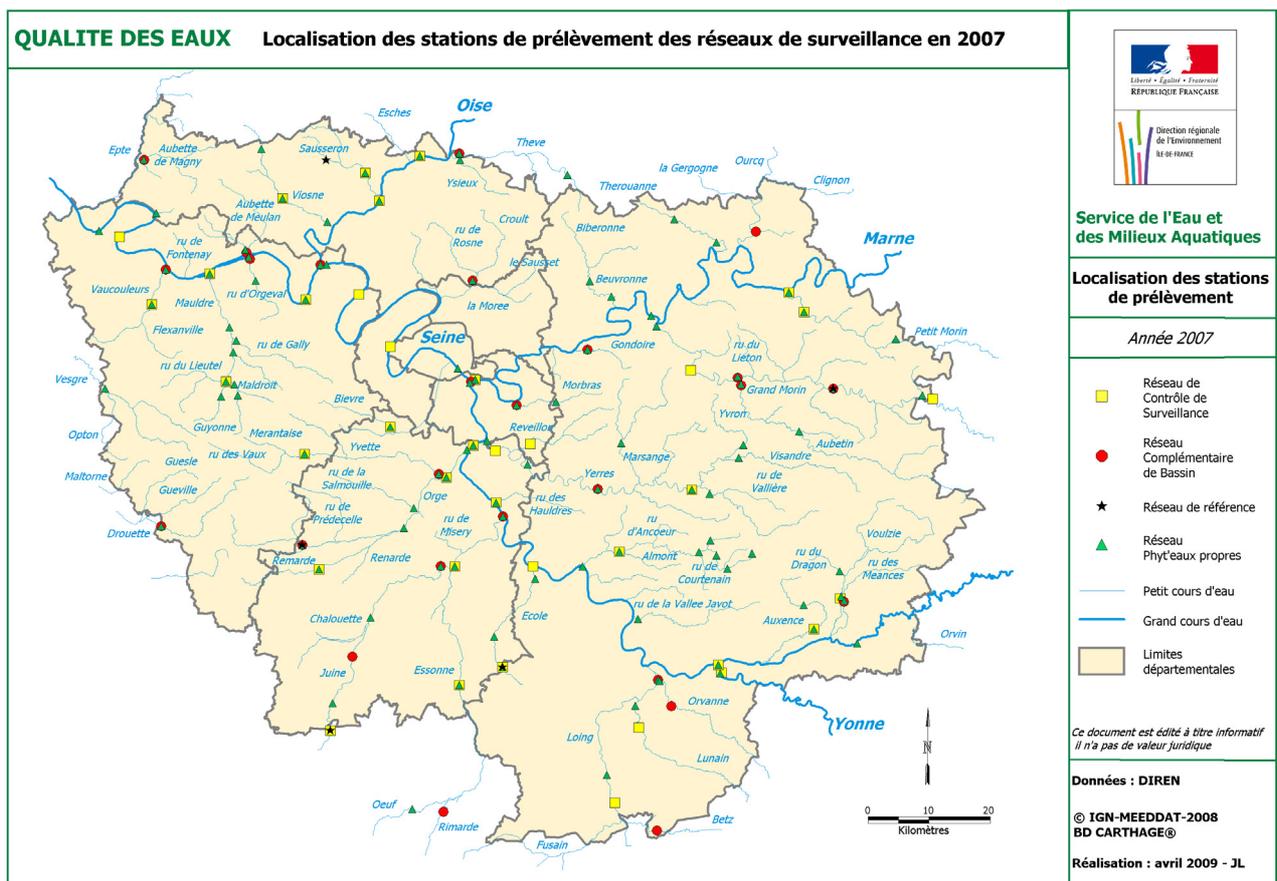
Eau de surface

En région Ile-de-France et périphérie proche, le RCS comprend 37 stations de suivi, complétées en 2007 par 26 stations du **Réseau Complémentaire de Bassin** (RCB).

A ces réseaux s'ajoute le réseau régional phytosanitaires, ou **réseau Phyt'eaux propres** (100 stations), qui suit les pressions liées aux substances phytosanitaires et qui apporte des données complémentaires sur le bon état chimique à travers la quinzaine de pesticides référents.

Tous ces réseaux, représentés sur la *carte 3*, sont sous maîtrise d'ouvrage de l'Agence de l'eau Seine-Normandie (AESN) pour la partie physico-chimique, la DIREN Ile-de-France intervenant en tant qu'expert pour la validation des données.

12 mesures annuelles sur eau sont effectuées sur le RCS, 6 sur le RCB et le réseau Phyt'eaux propres. Par ailleurs, un suivi annuel sur sédiments vient compléter ces analyses pour les stations du RCS et RCB.



Carte 3 : Localisation des stations de prélèvement des réseaux de surveillance en 2007.

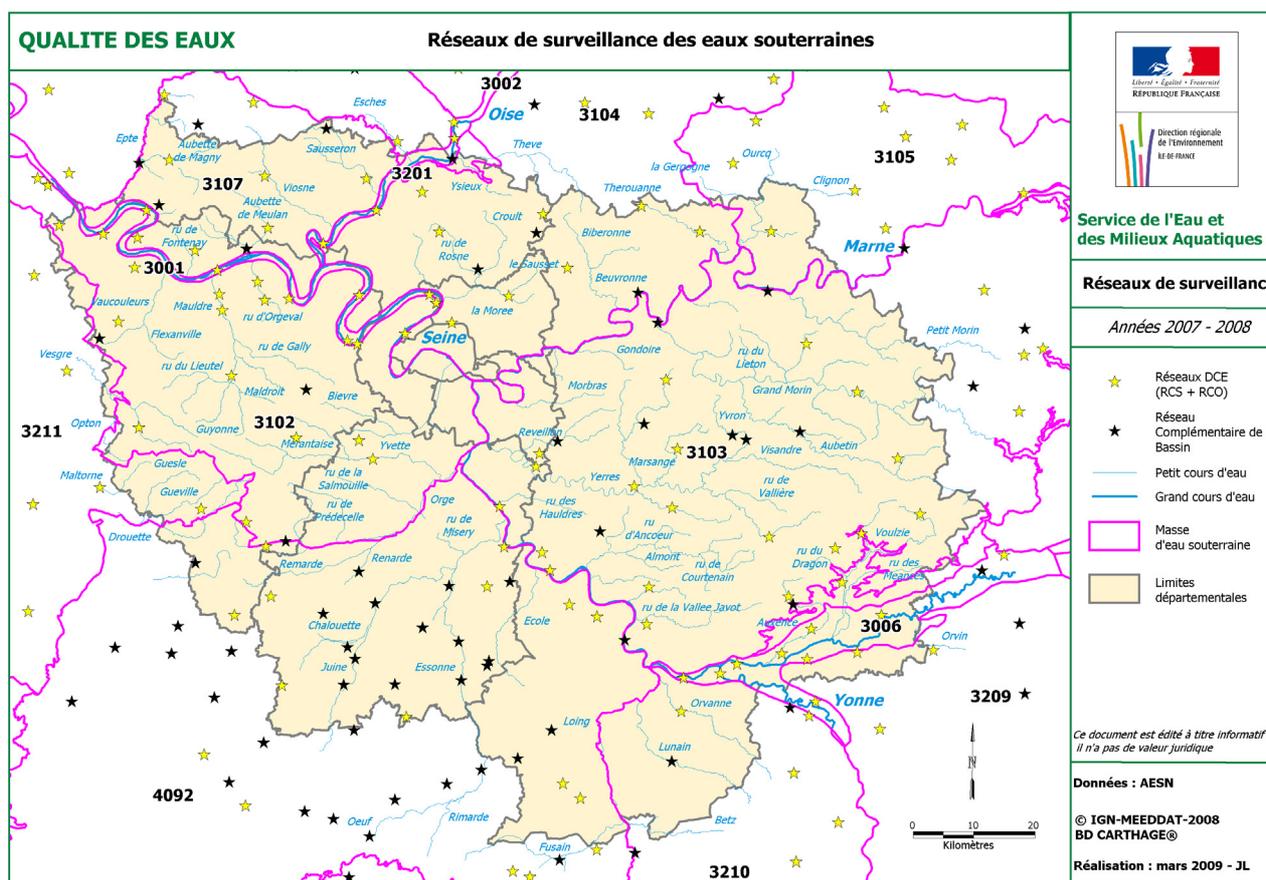


A noter que cette photographie des réseaux est celle de 2007. Le réseau de surveillance a été renforcé pour l'année 2008, avec notamment la mise en place du RCO. Le prochain Info'toxiques exploitera les données de ce nouveau réseau consolidé.

Eau souterraine

Au niveau du RCS, 2 mesures pour les nappes libres et 1 mesure pour les nappes captives sont effectuées annuellement. Sur le RCO par contre, 2 mesures annuelles supplémentaires sont faites pour les eaux libres.

Les eaux souterraines disposent elles aussi de réseaux de suivi, représentés dans la *carte 4*.



Carte 4 : Localisation des stations de prélèvement des réseaux de surveillance des eaux souterraines.

LE BON ETAT CHIMIQUE DES EAUX

L'état chimique des eaux souterraines

L'état d'une masse d'eau souterraine s'évalue par la combinaison de critères à la fois qualitatifs et quantitatifs, le bon état global étant soumis au bon état des deux approches.

Une masse d'eau souterraine est considérée comme étant en bon état chimique lorsque les paramètres suivis par le programme de surveillance ne dépassent en aucun point de cette masse d'eau les normes de qualité et les valeurs seuils pertinentes associées aux substances impactant cet état. La masse d'eau souterraine peut cependant être considérée en bon état chimique malgré des dépassements, à condition que les impacts engendrés sur le milieu ou les usages ne soient pas significatifs.

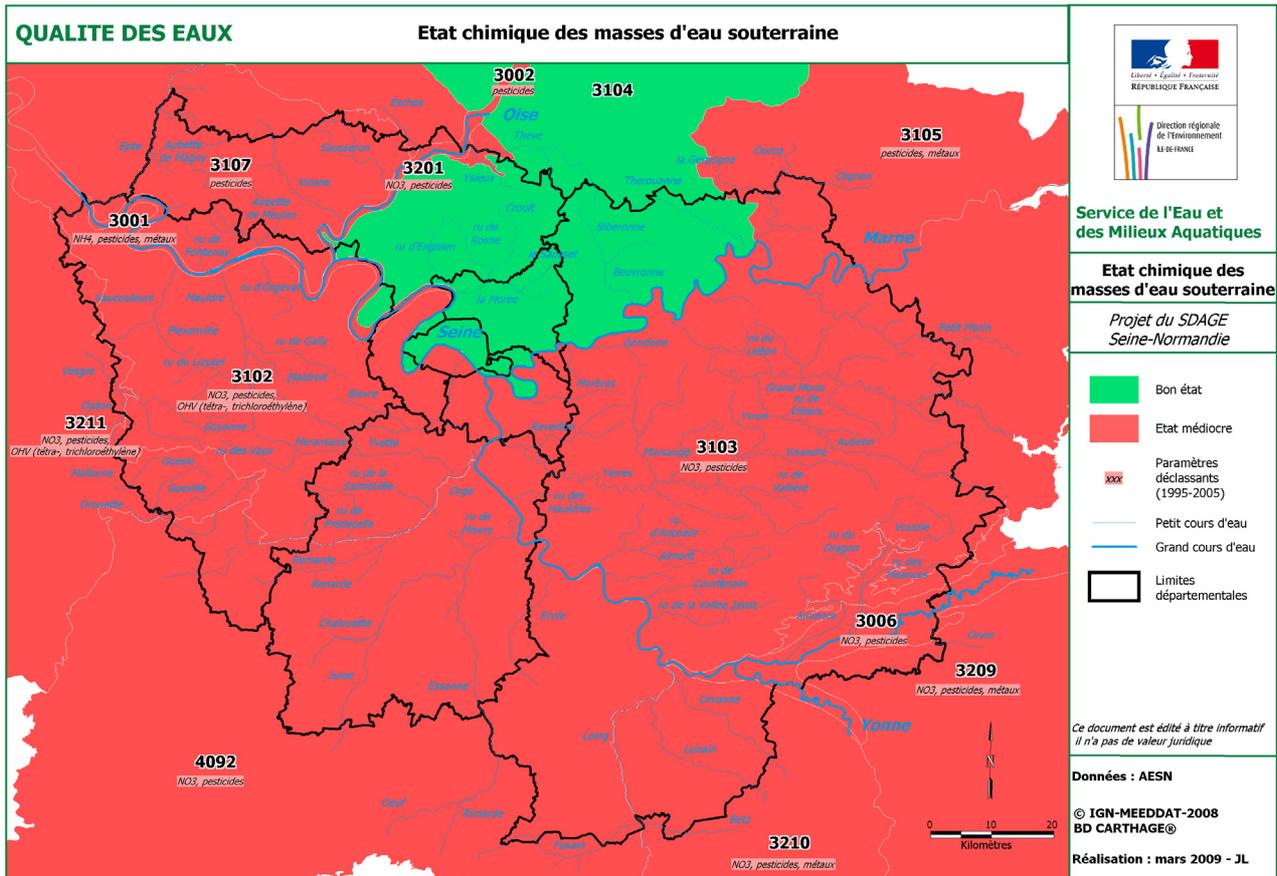
Ainsi, si la directive 2006/118/CE fixe des normes de qualité pour les nitrates (50 mg/l) et les pesticides (0,1 µg/l et 0,5 µg/l pour le total), elle laisse aux Etats membres la charge d'arrêter les valeurs seuils pour une liste de paramètres chimiques identifiés comme responsables d'un risque de non-atteinte du bon état des masses d'eau souterraine. Cette liste comprend au minimum les substances de l'annexe II de l'arrêté du 17 décembre 2008, à savoir les métaux (arsenic, cadmium, mercure et plomb), les composés organo-halogénés (trichloréthylène et tétrachloréthylène), l'ammonium, les sulfates, les chlorures et la conductivité. Par ailleurs, d'autres substances, retrouvées lors de l'état des lieux de 2004, impliquent l'état chimique des eaux souterraines. Il s'agit d'Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP), de Benzène-Toluène-Ethylbenzène-Xylène (BTEX), d'Organo-Halogénés Volatils (OHV), de métaux et de PolyChloroBiphényles (PCB).

La procédure à suivre pour l'évaluation de l'état chimique des masses d'eau souterraine est décrite dans la circulaire DCE 2006/18, précisée par deux projets de guide du BRGM sur la définition de valeurs seuils et l'évaluation du bon état.



Compte tenu de la méconnaissance des phénomènes d'échanges entre les eaux souterraines et les écosystèmes aquatiques et terrestres associés (atténuation des concentrations par les berges, les lits des cours d'eau et les zones humides, impact des variations de sens de ces échanges en fonction des conditions hydroclimatiques, etc.), les valeurs seuils retenues dans l'évaluation de l'état chimique des eaux souterraines ne tiennent pas compte des NQE des eaux de surface, à l'exception des masses d'eau souterraine alluviales.

La *carte 5* présente l'état chimique des masses d'eau souterraine d'après le suivi sur dix ans (1995-2005) réalisé par l'Agence de l'eau Seine-Normandie sur différentes substances : molécules azotées, pesticides, métaux, PCB, hydrocarbures et composés organo-halogénés volatils.



Carte 5 : Etat chimique des masses d'eau souterraine (synthèse des campagnes 1995 à 2005).

On observe que les déclassements des masses d'eau souterraine sont essentiellement liés aux nitrates et aux pesticides.

Toutefois, sur la période 1995-2005, des concentrations en métaux ont été retrouvées à des teneurs plus élevées que les normes et fonds géochimiques.

Il est prévu en 2010 une campagne exceptionnelle d'analyse des substances dangereuses dans les eaux souterraines, à l'image de ce qui avait été fait en 2005 pour les eaux de surface.

L'état chimique des eaux de surface

Les matrices d'analyses

De manière générale, les polluants déversés dans un cours d'eau changent très rapidement de structure chimique en fonction des caractéristiques du cours d'eau (pH, température, etc.). Certains se retrouveront plus facilement dans l'eau, tandis que d'autres s'adsorberont plus facilement sur les matières en suspension, voire dans les tissus gras.

Ainsi, les analyses visant à qualifier la qualité des milieux aquatiques peuvent s'effectuer sur plusieurs matrices différentes : eau, sédiment, biote*.



Certains paramètres physico-chimiques, caractéristiques d'une substance, déterminent les affinités de celle-ci pour les différentes matrices d'analyse. Ainsi, un **coefficient de partage* carbone organique / eau (K_{oc})** supérieur à 500 traduit une affinité particulière pour les matières particulaires et donc une substance à rechercher plutôt dans le sédiment. Un **coefficient de partage n-octanol / eau (K_{ow})** de log supérieur à 5 induit une propriété lipophile* qui rend la substance facilement bioaccumulable et donc oriente vers une recherche dans le biote.

Analysées majoritairement dans les sédiments autrefois (voir l'Info'toxiques n°1), ces substances doivent désormais être recherchées dans l'eau, selon les exigences de la DCE. Or, la plupart des substances prioritaires, dont les métaux, molécules benzéniques et certains HAP, ont un caractère hydrophobe prononcé et une forte affinité pour les matières particulaires. Elles sont préférentiellement accumulées dans les sédiments, bien que leurs phases dissoutes co-existent. Leur suivi dans les eaux superficielles n'offre donc qu'une vision limitée de la contamination réelle du milieu naturel.

C'est pourquoi les sédiments, supports d'analyse plus pertinents dans ce cas, sont suivis en parallèle, permettant de confronter les résultats avec les données des années précédentes.

Cette matrice reste toutefois, aussi bien lors du prélèvement que lors de l'analyse, plus complexe à appréhender. Les résultats peuvent différer d'une année sur l'autre selon que le prélèvement de la couche superficielle ait été correctement effectué ou non.

L'évaluation du bon état chimique

L'atteinte du bon état des masses d'eau de surface est une des exigences européennes transcrites par la DCE et comprend l'état écologique et l'état chimique.

Tandis que l'état écologique est basé sur la biologie du milieu et la physico-chimie supportant la vie biologique (macropolluants classiques additionnés de quelques polluants spécifiques – voir *Annexe 2*), l'état chimique est évalué par rapport aux NQE fixées par la directive 2008/105/CE.

Ces NQE correspondent à des concentrations de polluants dans l'eau qui ne doivent pas être dépassées, afin de protéger la santé humaine et l'environnement. Elles sont établies en fonction de la toxicité de la substance pour les organismes aquatiques. Par ailleurs, pour certains paramètres comme les métaux lourds, elles peuvent prendre en compte le bruit de fond géochimique*.

L'état chimique ne prévoit ainsi que deux classes d'état, selon où l'on se situe par rapport aux NQE de chaque substance ou famille de substances, aussi bien en **concentration moyenne annuelle** dans le milieu (NQE_MA) qu'en **concentration maximale admissible** dans le milieu (NQE_CMA). Le bon état pour un paramètre est alors atteint lorsque l'ensemble des NQE est respecté.

Les NQE n'étant pas encore définies pour la matrice sédiment, l'évaluation de leur altération s'est faite à l'aide du SEQ-Eau (*Annexe 3*), avec l'utilisation des 5 classes de qualité (très bonne à mauvaise). La définition des NQE pour la matrice sédiment est à l'étude par l'ONEMA et l'INERIS.



La Commission doit examiner avant le 13 janvier 2011 la possibilité d'identifier comme substance prioritaire ou substance dangereuse prioritaire 13 substances supplémentaires. Les PCB, les dioxines et le glyphosate figurent sur cette liste. Dans le cadre d'AQUAREF, le BRGM a lancé en 2009 une étude portant sur les méthodes disponibles pour analyser et traiter ces substances.

La détermination de l'état chimique d'une masse d'eau se fait selon la méthodologie définie dans le « Guide technique d'évaluation de l'état des eaux douces de surface de métropole », publié par le MEEDDAT le 30 mars 2009.

Des logigrammes d'attribution d'état en fonction des analyses quantifiées ou non permettent d'obtenir un encadrement de moyennes annuelles de concentration. Cette méthode conduit à exclure toute approche probabiliste, ce qui permet ainsi de conclure uniquement sur les résultats d'analyses robustes et donc d'accepter un état incertain.

La *figure 1* représente l'incertitude sur la valeur de la concentration moyenne annuelle lorsqu'il existe des mesures non quantifiées. Le MAX correspondant à la valeur maximale de la moyenne, calculée en remplaçant les mesures non quantifiées par la limite de quantification (LQ), tandis que le MIN représente sa valeur minimale, calculée en remplaçant les mesures non quantifiées par 0. La moyenne (Moy) est calculée en remplaçant les valeurs non quantifiées par LQ/2, à l'exception des groupes de substances² où il y a l'égalité Moy=MIN, conformément au projet de directive QA/QC (voir encadré vert page 18).

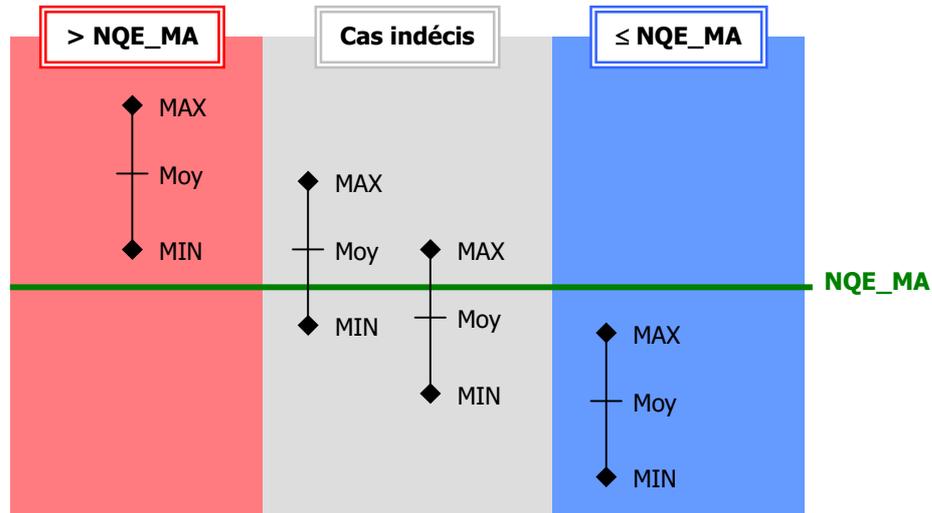


Figure 1 : Encadrement de la concentration moyenne annuelle lors de résultats non quantifiés.

Un **niveau de confiance** (*figure 2*) est associé pour chaque masse d'eau dans l'attribution de son état. Ce niveau de confiance permet de prendre en compte notamment le nombre de molécules analysées et les incertitudes des résultats lors de problèmes analytiques avérés. Il se décompose en trois classes pour les masses d'eau directement suivies, variant de faible à élevé, selon les données disponibles et exploitables sur la masse d'eau.

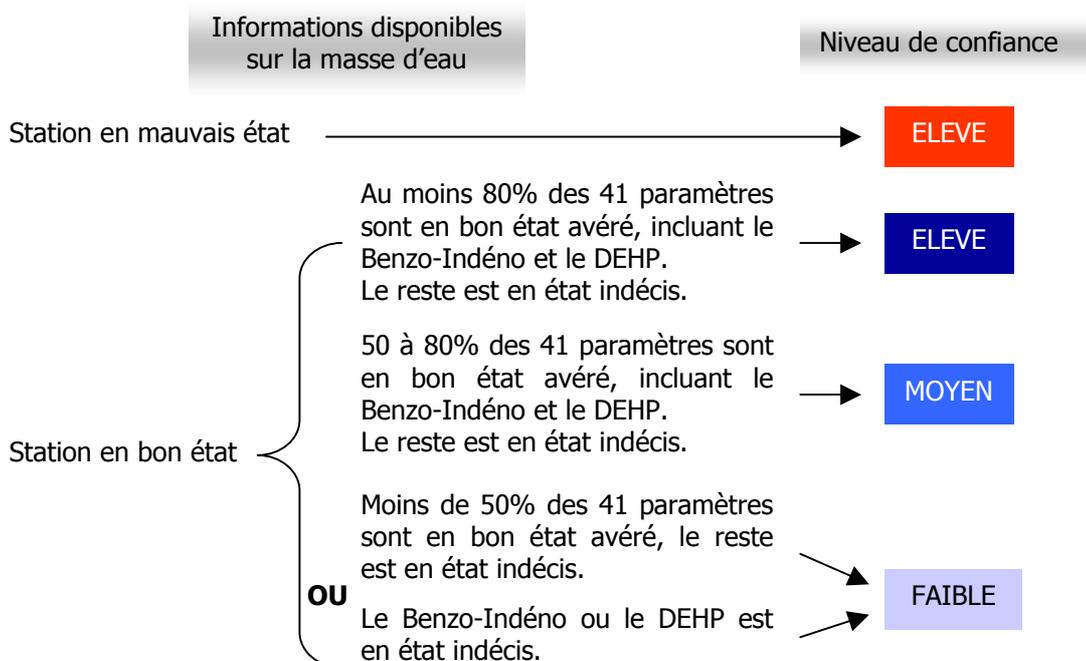


Figure 2 : Logigramme d'attribution des niveaux de confiance de l'état chimique des masses d'eau suivies.

² La directive 2008/105/CE distingue 4 groupes de substances : les diphenyléthers bromés, les pesticides cyclodiènes, le DDT total et les hydrocarbures aromatiques polycycliques.

Enfin, la directive fille 2008/105/CE laisse la possibilité aux Etats-membres d'appliquer, dans certaines catégories d'eau de surface, des NQE pour le sédiment et/ou le biote au lieu des NQE définies sur eau. Les NQE alors définies pour ces deux autres matrices doivent offrir au moins un niveau de protection identique à celui assuré par les NQE pour l'eau.

Cette même directive impose une NQE pour 3 substances dangereuses prioritaires :

- pour le mercure et ses composés : NQE de 20 µg/kg ;
- pour l'hexachlorobenzène : NQE de 10 µg/kg ;
- pour l'hexachlorobutadiène : NQE de 55 µg/kg.

Par ailleurs, elle demande aux Etats-membres de procéder à l'analyse tendancielle à long terme des concentrations de substances prioritaires qui ont tendance à s'accumuler dans les sédiments et/ou le biote.

Quelques difficultés et limites d'évaluation

Pour certaines substances, les techniques analytiques actuelles ne permettent pas encore de conclure sur le bon état chimique ou non du milieu. Certaines limites de quantification restent encore bien supérieures aux NQE définies et même, pour quelques unes de ces substances (notamment les chloroalcanes C10-13), aucune technique stable n'existe pour les analyser avec la précision voulue. La France, ainsi que bon nombre de pays européens, est en attente d'une réponse de la Commission européenne pour faire face à ces difficultés.



Mis en place en juin 2007, **AQUAREF** est le laboratoire national de référence de l'eau et des milieux aquatiques (www.aquaref.fr). Il réunit l'INERIS, le LNE, le CEMAGREF, le BRGM et l'IFREMER et a pour objectif d'appuyer les pouvoirs publics sur les aspects techniques et scientifiques dans leur politique de surveillance de la qualité des eaux et des milieux aquatiques. Il vise à répondre aux questions relatives au perfectionnement de la sensibilité des techniques d'analyse ainsi qu'au devenir même de la surveillance tant du point de vue des risques émergents que des développements d'outils pour réduire ses coûts.

Le projet de directive de la Commission européenne, établissant des spécifications techniques pour l'analyse chimique et la surveillance de l'état des eaux (dite QA/QC), impose des limites de quantification de chacune des substances prises en compte dans l'état chimique inférieures ou égales à 1/3 de leurs NQE_MA. Cet objectif a été repris par la France dans son arrêté du 29 novembre 2006 relatif à l'agrément des laboratoires, bien que les techniques analytiques ne permettent pas encore d'atteindre toujours ces niveaux de précision. A défaut d'atteindre ces standards, les Etats-membres doivent utiliser les meilleures techniques disponibles.

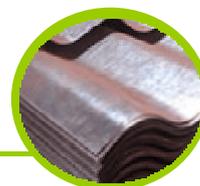


A ces difficultés, propres à chaque Etat membre, s'ajoute l'hétérogénéité européenne qui conduit à des définitions multiples de bon état et des objectifs parfois très différents. Des efforts de corrélations de méthodes ont toutefois été faits pour les bassins transfrontaliers.

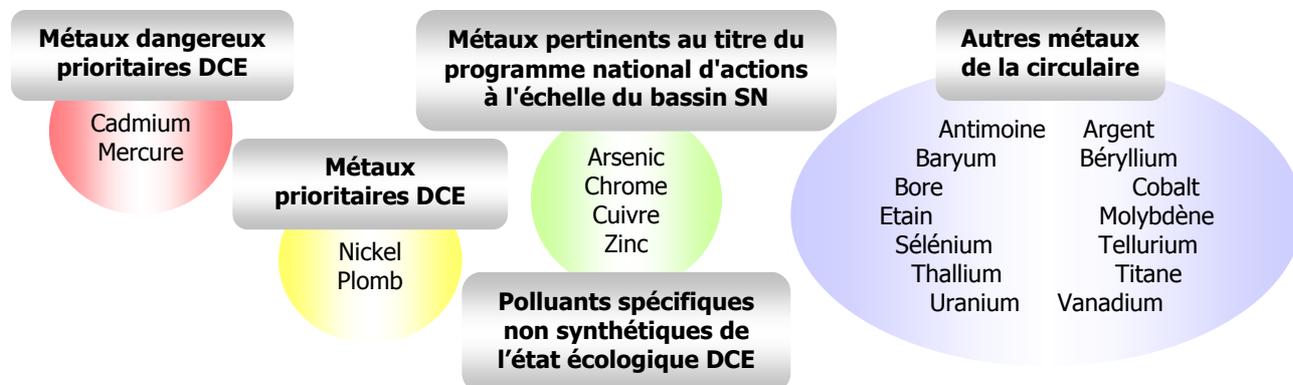
Les modalités de rapportage fixées au niveau communautaire prévoient de regrouper les 41 paramètres en 4 différentes familles : les métaux, les pesticides, les polluants industriels et les autres polluants. Le parti pris dans cet Info-toxiques a été d'isoler certaines familles de polluants, notamment les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) afin d'affiner de façon plus précise le diagnostic d'état de contamination des cours d'eau.

C'est pourquoi 5 focus par groupe de substances abordent dans les chapitres suivants la contamination des eaux de surface.

FOCUS 1 : LES METAUX ET METALLOÏDES



Le suivi des métaux par les réseaux DCE pour l'année 2007 concerne 17 métaux et 5 métalloïdes, listés dans la circulaire du 7 mai 2007.



Pour 14 métaux et métalloïdes, les limites de quantification sont trop hautes par rapport aux NQE. Il sera donc difficile d'avoir des informations pertinentes sur la non contamination du milieu.



Certaines techniques d'analyses utilisées ne semblent pas adaptées. Pour de nombreux métaux et métalloïdes comme le mercure, le cuivre, le zinc, le chrome, le titane, l'arsenic et le sélénium, des techniques analytiques de routine permettent d'obtenir des limites de quantification 10 à 50 fois inférieures à celles obtenues ici.

Désormais, ces limites de quantification font l'objet d'attentions particulières lors de la passation de marchés avec les laboratoires accrédités.

La directive fille 2008/105/CE relative aux NQE prévoit la prise en compte des **fonds géochimiques** pour l'eau ainsi que la **biodisponibilité** des métaux dans l'évaluation de l'état chimique. Toutefois, faute de connaissances scientifiques précises sur ce sujet, ces éléments n'ont pas été pris en compte ici. La détermination de ces fonds devrait être prochainement étudiée par l'ONEMA.

Dans la publication Agence de l'Eau Seine-Normandie / PIREN Seine « Les métaux dans le bassin de la Seine » de juin 2009, le PIREN Seine a estimé quelques bruits de fond pour certains métaux. Ces données sont reprises dans l'annexe 1.

Une base de données européenne, FOREGS (www.gsf.fi/foregs/geochem/) évalue le bruit de fond géochimique à l'échelle européenne ; néanmoins l'échelle d'échantillonnage reste trop large pour obtenir des données représentatives du contexte local.

Une étude AESN/MEDAD/BRGM datant de juin 2007, réalisée sur tous les bassins hydrographiques, a permis d'identifier des zones à risques de fonds géochimiques élevés en éléments traces dans les cours d'eau et les eaux souterraines. Il s'avère que la région Ile-de-France ne présente pas de risque identifié. Cette étude est disponible en téléchargement sur le site du BRGM : www.brgm.fr/publication/pubDetailRapportSP.jsp?id=RSP-BRGM/RP-55346-FR



Par la suite, l'étude des métaux se limitera aux 8 métaux DCE³.

³ Les 4 métaux de l'état chimique ajoutés des 4 métaux figurant dans la liste des polluants spécifiques, venant renforcer les critères d'appréciation du bon état écologique (cuivre, zinc, chrome et arsenic).

ORIGINES DES METAUX ET METALLOÏDES DANS LES MILIEUX AQUATIQUES

Les métaux sont naturellement présents à l'état de trace dans la croûte terrestre mais leur utilisation massive par le secteur industriel a perturbé leur équilibre chimique naturel.

Leurs usages sont nombreux et variés : revêtements de surface et accumulateurs électriques pour le cadmium et le plomb, industrie chimique et équipements électriques pour le mercure ou encore dans la fabrication d'alliages pour le nickel, le chrome, le zinc, le cuivre et l'arsenic.

Pour plus de détails, des fiches sur les caractéristiques et l'utilisation de ces métaux sont disponibles sur le site Internet de l'INERIS, à l'adresse suivante :

chimie.ineris.fr/fr/lien/expositionchronique/donneestoxicologiquesenvironnementale/fichesdisponibles.php.

Leur présence dans les milieux aquatiques est due principalement aux rejets industriels et aux ruissellements en zone urbaine liés aux retombées des émissions atmosphériques. Par ailleurs, pour certains d'entre eux comme le cadmium, le nickel et le plomb, l'érosion naturelle ou accélérée est une source d'apport non négligeable.

La plupart possède une forte affinité avec les matières particulaires, c'est pourquoi ils sont fréquemment stockés et retrouvés dans les sédiments. Toutefois, leur fraction dissoute peut être significative (leur dissolution est facilitée notamment par des pH acides), c'est pourquoi ils sont désormais suivis dans les eaux. Certains sont spécifiques d'une matrice donnée, comme le plomb, très hydrophobe.



Les métaux ont des solubilités variables selon leurs **spéciations***, c'est-à-dire leurs différentes formes chimiques (et donc leurs différentes toxicités) suivant les conditions physico-chimiques et bactériologiques de l'environnement où ils se trouvent. Cette spéciation est par ailleurs fortement influencée par les matières organiques dissoutes dans l'eau.

Les métaux sont généralement peu dégradables. Leur dégradation s'opère via des organismes vivants, qui les **méthylent***, c'est-à-dire les transforment en métal organique, plus facilement biodisponible (et donc bioaccumulable). C'est le cas notamment pour le mercure qui est transformé en méthylmercure dans les sédiments.

ÉTAT DE LA CONTAMINATION DES EAUX SUPERFICIELLES PAR LES METAUX

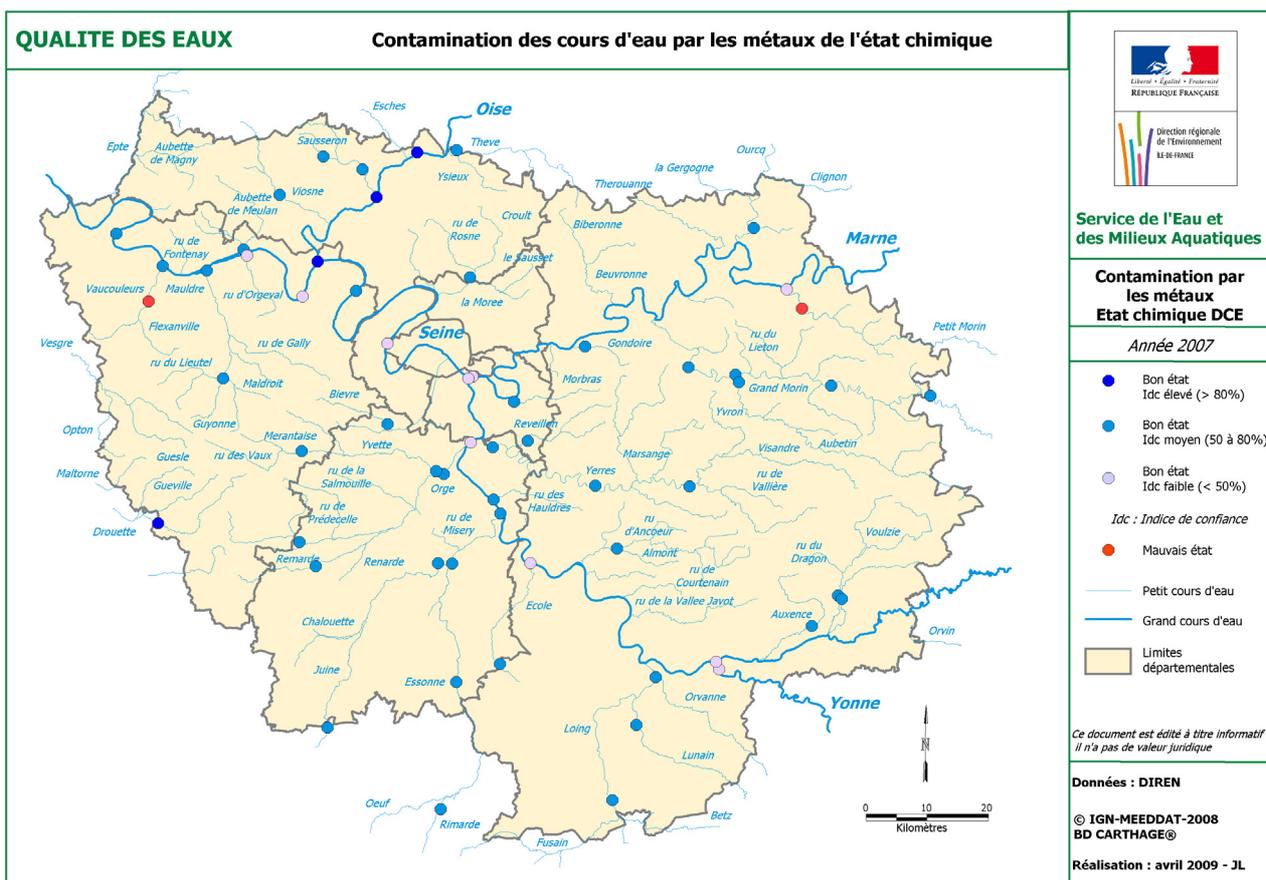
Contamination par les 4 métaux Etat chimique DCE : cadmium, mercure, nickel et plomb

La *carte 5* présente la qualité des eaux superficielles vis-à-vis des quatre métaux DCE pour la campagne de 2007. Les niveaux de contamination ont été établis à partir des NQE définies dans le guide technique. La couleur donnée à la station correspond à celle du métal le plus déclassant.

Force est de constater qu'il n'y a que peu d'impact significatif de ces métaux sur les masses d'eau d'Ile-de-France... du moins à la première lecture de la carte.

En effet, seul un déclassement par le plomb (sur le Petit Morin à Saint-Cyr-sur-Morin) ainsi qu'un déclassement par le cadmium (sur la Vaucouleurs à Villetta) ont été recensés.

Toutefois, ce résultat est à nuancer avec les problèmes analytiques rencontrés qui, à l'exception du nickel, empêchent de conclure systématiquement sur l'état de la station du fait d'une limite de quantification trop élevée. Ainsi, les analyses du cadmium et du mercure, hors déclassement, n'ont pu être exploitées que pour 4 stations, celles suivies par le laboratoire de Rouen (sur l'Oise et la Drouette). Le doute d'une non contamination n'a pu être levé sur le cadmium, le mercure et le plomb pour 10 stations (indice de confiance de 25%) tandis que 44 stations affichent un indice de confiance de 50%.



Carte 5 : Contamination des cours d'eau par les métaux – Etat chimique DCE – en 2007.



La DCE impose le suivi du mercure dans le **biote**, avec une NQE très protectrice de 20 µg/kg. Il est vraisemblable qu'avec cette nouvelle donnée, le taux de déclassement des masses d'eau par le mercure devienne plus important.

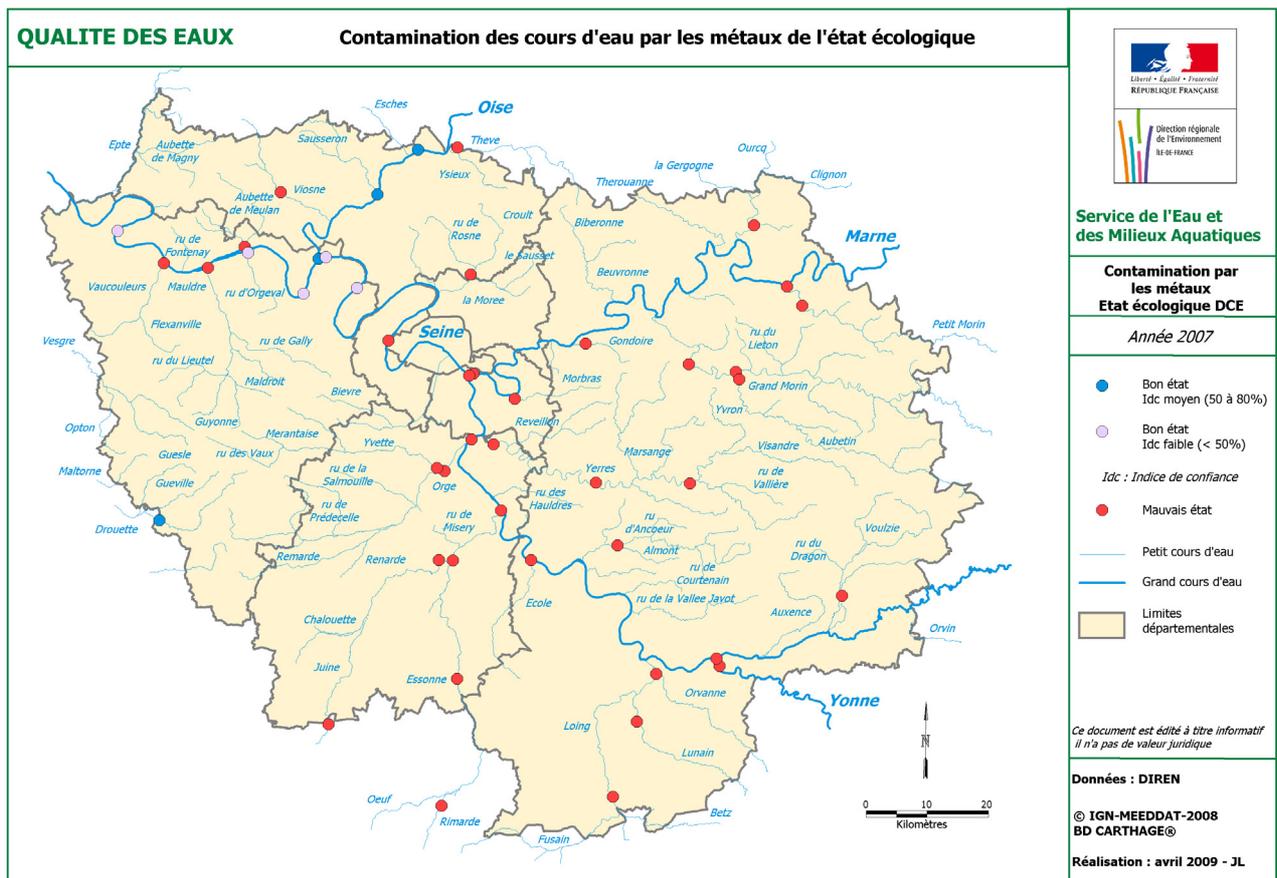
Contamination par les 4 métaux Etat écologique DCE : arsenic, chrome, cuivre et zinc

La *carte 6* présente la qualité des eaux superficielles vis-à-vis des quatre métaux et métalloïdes pertinents pour la campagne de 2007. Les niveaux de contamination ont été établis à partir des NQE définies dans le guide technique. La couleur donnée à la station correspond à celle du métal le plus déclassant.

Le constat est sans appel : seules 9 stations (soit moins de 20% des stations suivies) présentent un bon état, avec des indices de confiance faibles à moyens. **Le zinc est à l'origine de tous les déclassements, suivi de près par le cuivre.**

Les stations affichant un bon état sont celles suivies sur la Seine, en aval de Paris, avec un indice de confiance de 0% (les 4 métaux sont en état incertain) et sur l'Oise et la Drouette, avec un indice de confiance de 50% (le cuivre et le zinc sont en état indéterminé du fait d'une matrice d'analyse inadaptée⁴).

⁴ Les analyses de ces quatre métaux par le laboratoire ETSA de Rouen ont été réalisées sur des échantillons d'eau brute alors que les NQE associées correspondent à des échantillons d'eau filtrée. Ainsi, ces données ne sont pas mobilisables dans l'appréciation de l'état au titre de la DCE (la contamination serait sur-évaluée), sauf pour celles n'affichant pas de déclassement (c'est le cas du chrome et de l'arsenic).



Carte 6 : Contamination des cours d'eau par les métaux – Etat écologique DCE – en 2007.

Les diagrammes en *figure 3* représentent la part de déclassement pour chaque métal. Deux tendances s'opposent : le fort déclassement par le zinc et le cuivre et les difficultés analytiques pour atteindre les NQE pour le chrome et l'arsenic.

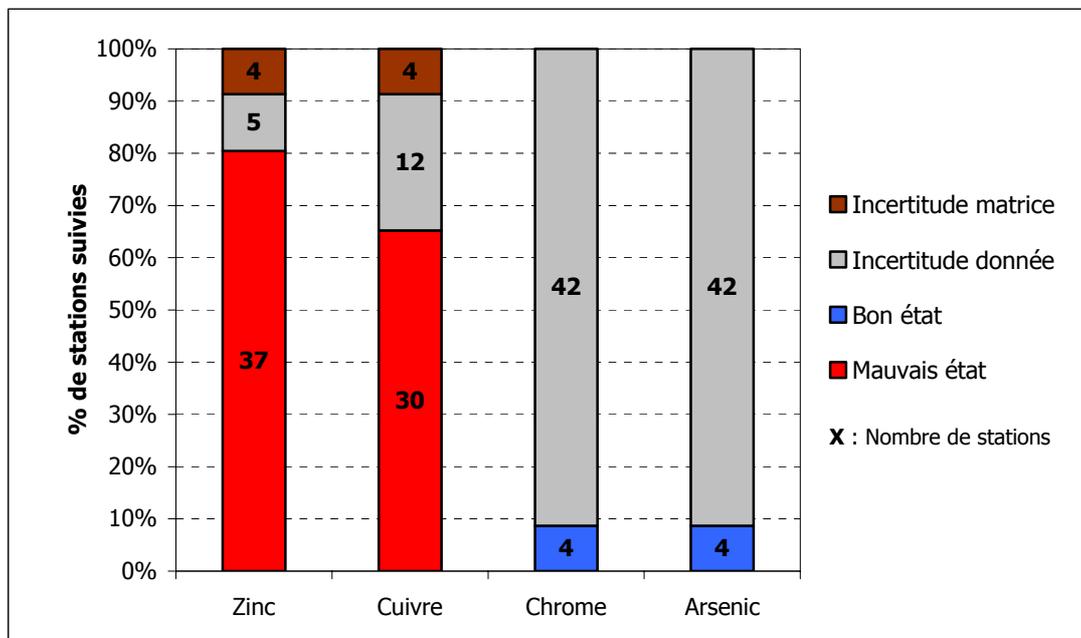


Figure 3 : Nombre de stations réparties dans les différentes classes de qualité pour chaque métal (Source : DIREN).

ÉTAT DE LA CONTAMINATION DES SEDIMENTS PAR LES METAUX

Le PIREN-Seine, groupement de recherche du CNRS et d'acteurs gestionnaires de l'eau, a développé un système-expert de la contamination métallique du bassin de la Seine, le logiciel Séquamet, permettant d'évaluer les valeurs des bruits de fond géochimique pour certains métaux (tableau 1).

Métaux et métalloïde	Arsenic	Cadmium	Chrome	Cuivre
Bdf géochimique régional (en mg/kg)	6 à 9	0,2 à 0,35	38 à 69	10,5 à 16,5
Métaux	Mercure	Nickel	Plomb	Zinc
Bdf géochimique régional (en mg/kg)	0,017 à 0,04	18 à 29	20 à 32	35 à 83

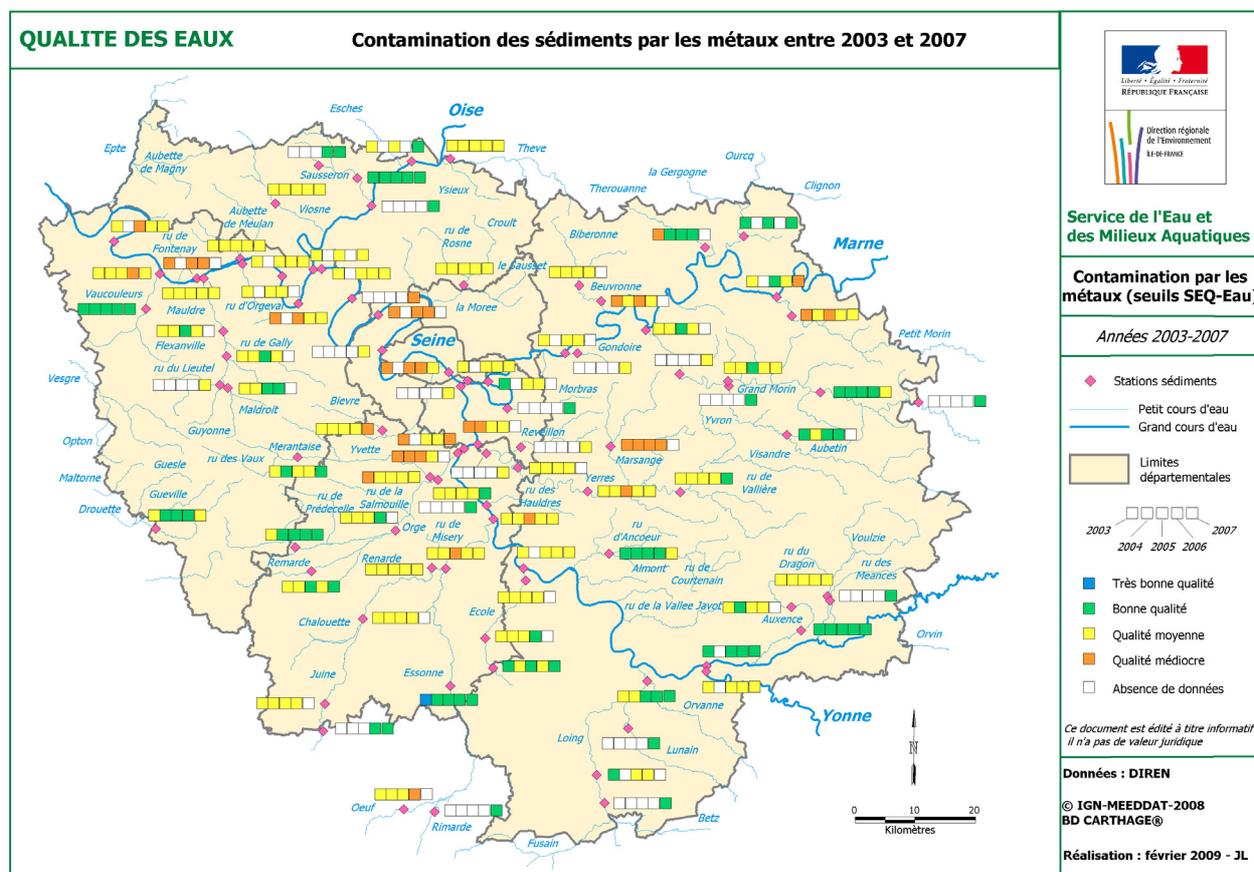
Tableau 1 : Bruit de fond géochimique de certains métaux en Ile-de-France (Source : Séquamet du PIREN-Seine).

La carte 7 indique l'évolution de la qualité des sédiments vis-à-vis des huit substances métalliques du tableau 1 pour les années 2003 à 2007. Les niveaux de contamination ont été établis là encore à partir des seuils du SEQ-Eau.

On retrouve de nouveau près de deux tiers des stations contaminées. En 2007, 34 stations ont une qualité moyenne et 4 sont en qualité médiocre.

Au niveau régional, toutes les stations situées en Seine, sans exception, révèlent des sédiments chargés en métaux lourds. A contrario, 25 stations présentent une bonne qualité, essentiellement dans les rivières en tête de bassin au niveau des départements de l'Essonne, de la Seine-et-Marne et du Val d'Oise.

A l'exception du cadmium, les limites de quantification des techniques employées étaient inférieures aux bruits de fond géochimique régionaux. Ainsi, les traces de contamination notées sur les sédiments peuvent être dans certains cas d'origine naturelle. Ceci peut être valable notamment pour le nickel et le chrome dont les fonds géochimiques naturels s'échelonnent sur deux classes de qualité (bonne et moyenne). Les autres métaux ayant des bruits de fond ne dépassant pas la classe de bonne qualité, leur détection dans les sédiments ne laisse aucun doute sur le rôle joué par les activités anthropiques.



Carte 7 : Contamination des sédiments des rivières d'Ile-de-France par les métaux entre 2003 et 2007.

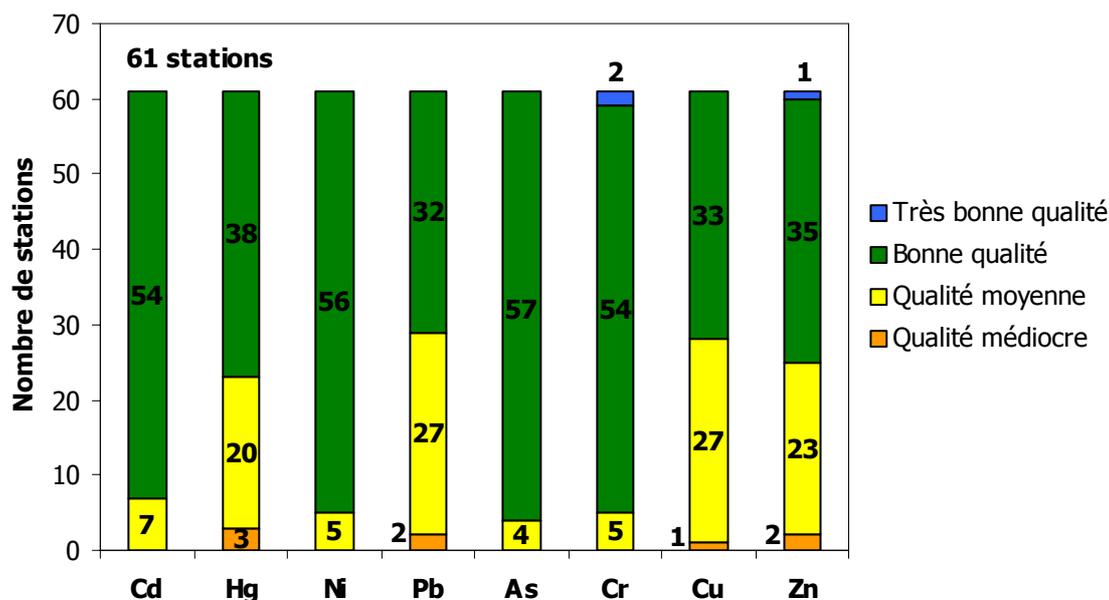


Figure 4 : Etat des sédiments (seuils SEQ-Eau) par rapport aux huit composés métalliques analysés en 2007 (Source : DIREN).

La figure 4 reprend par paramètres leurs taux de contamination sur sédiments. Elle confirme la pollution par le cuivre et le zinc, déjà identifiée avec les analyses sur eau, mais témoigne également de fortes teneurs en plomb et en mercure, ce qui n'était pas constaté avec les analyses sur eau.

C'est pourquoi **il est nécessaire de continuer le suivi des métaux dans les sédiments afin d'obtenir des données complémentaires à celles des analyses sur eau** et de vérifier l'évolution de leur état.

CONCLUSION

Bien que le bon état chimique au sens de la DCE semble être atteint pour la quasi totalité des cours d'eau de la région vis-à-vis des 4 métaux, **la réalité est tout autre**. Il ne subsiste par contre aucun doute sur la dégradation du milieu par le zinc et le cuivre (et donc la non atteinte du bon état écologique), tout comme la contamination des sédiments par ces deux métaux, ainsi que par le plomb et le mercure.

L'évaluation de l'état sur eau ne montre finalement qu'une partie de la contamination, qui est complétée par les données sur sédiments.

De plus, les phénomènes de **transfert sédimentaire**, le potentiel de relargage et la biodégradation des substances dans les sédiments sont encore très peu connus à l'heure actuelle. Peu d'études existent sur les milieux aquatiques continentaux, à l'inverse du milieu marin. Ces connaissances non exhaustives peuvent faire resurgir certains problèmes, non mesurés dans l'état actuel.

La présence de métaux à fortes concentrations tels que le zinc et le cuivre n'est pas sans effet sur l'état écologique du milieu, c'est d'ailleurs à ce titre qu'ils figurent dans la liste des polluants spécifiques de l'état écologique. Ils sont en effet à l'origine de nombreuses malformations ou **formes tératogènes*** dans les populations de diatomées*.



Sans modifier la note pour autant, le comptage des formes tératogènes des diatomées dans le calcul de l'**Indice Biologique Diatomées (IBD)** peut apporter une indication supplémentaire sur la contamination du milieu par des micropolluants toxiques, notamment les métaux.

Une meilleure maîtrise des rejets est nécessaire pour lutter contre ces contaminations métalliques. Ainsi, une thèse du CEMAGREF (la référence se trouve dans la bibliographie du document) a porté sur le suivi des concentrations et de la toxicité des métaux avant et après le traitement des eaux usées dans les stations d'épuration. Il a été constaté que, lors du traitement biologique des eaux usées, les concentrations en métal total y étaient diminuées de plus de 80%. Néanmoins, la toxicité ne dépend pas de la concentration en métal total mais de l'activité de l'ion métallique libre (**biodisponible**).

Des procédés innovants d'élimination de métaux dans l'eau apparaissent, mixant des **processus d'oxydoréduction catalytiques et d'adsorption***. Ainsi, des ions métalliques libres peuvent être réduits et adsorbés sur une surface de nickel recouverte d'hydrogène, très réactif.



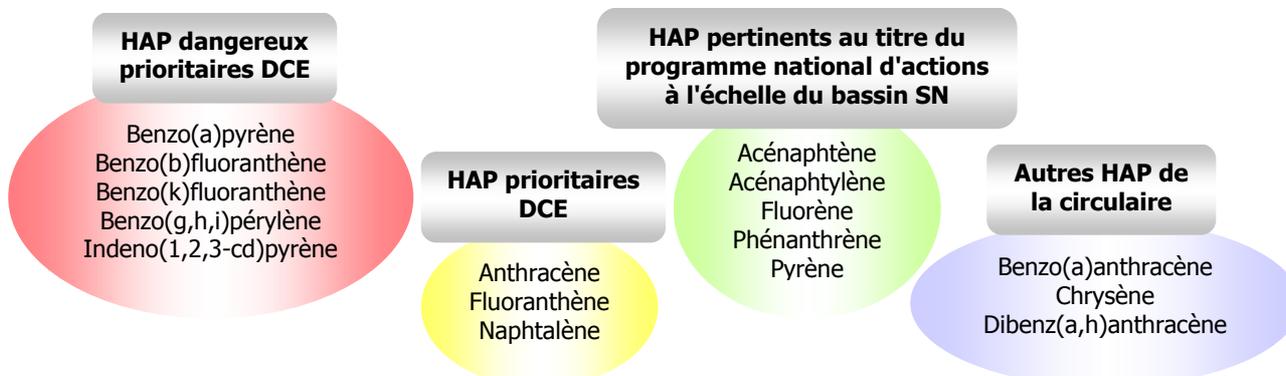
Dernièrement, le mercure a fait l'objet de négociations mondiales au Conseil d'administration du **Programme des Nations Unies pour l'Environnement** (PNUE), qui devraient aboutir à un traité international limitant la pollution par le mercure d'ici à 2013 et de viser *in fine* son élimination.

En France, des mesures visant à accélérer la réduction des émissions de mercure liées à la fabrication de chlore par électrolyses à cathode de mercure commencent à s'engager.

FOCUS 2 : LES HAP



La recherche des Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) implique 16 composés parmi les plus représentatifs de ce groupe, listés dans la circulaire du 7 mai 2007.



A l'instar des métaux, les limites de quantification des méthodes analytiques sont souvent trop hautes par rapport aux normes environnementales : c'est le cas pour huit de ces substances. Toutefois, le **caractère ubiquitaire** de cette pollution majoritairement diffuse montre une contamination quasi totale du milieu, sans remettre en cause la validité des résultats.

ORIGINES DES HAP DANS LES MILIEUX AQUATIQUES

D'origine pétrogénique ou pyrolytique*, les HAP sont des composés organiques très répandus dans l'environnement.

Sans réel usage propre, ce sont des substances résiduelles issues des diverses réactions pétrochimiques générées par notre mode de vie : combustion de bois et de charbon, transport automobile, industries (raffineries, dépôts d'hydrocarbures, cokerie et métallurgie, traitement des déchets, industrie du caoutchouc, chimie, etc.).

L'INERIS a, comme pour les métaux et la plupart des substances de la DCE, réalisé des fiches détaillées sur les caractéristiques et l'utilisation de ces molécules.

Le compartiment atmosphérique peut représenter jusqu'à vingt fois les rejets directs dans l'eau. Leur présence dans les milieux aquatiques est essentiellement d'origine diffuse, avec le ruissellement des zones urbaines et industrielles d'une part et les retombées atmosphériques d'autre part. Des études du PIREN Seine ont estimé que 20 à 50% des apports de HAP seraient dus au ruissellement. Bien que souvent significatifs, **ces rejets indirects dans l'eau restent difficiles à estimer**. Quelques sources ponctuelles comme des rejets directs d'industries, le déversement d'huiles usagées ou encore les pollutions accidentelles complètent les origines de ces hydrocarbures dans les eaux.

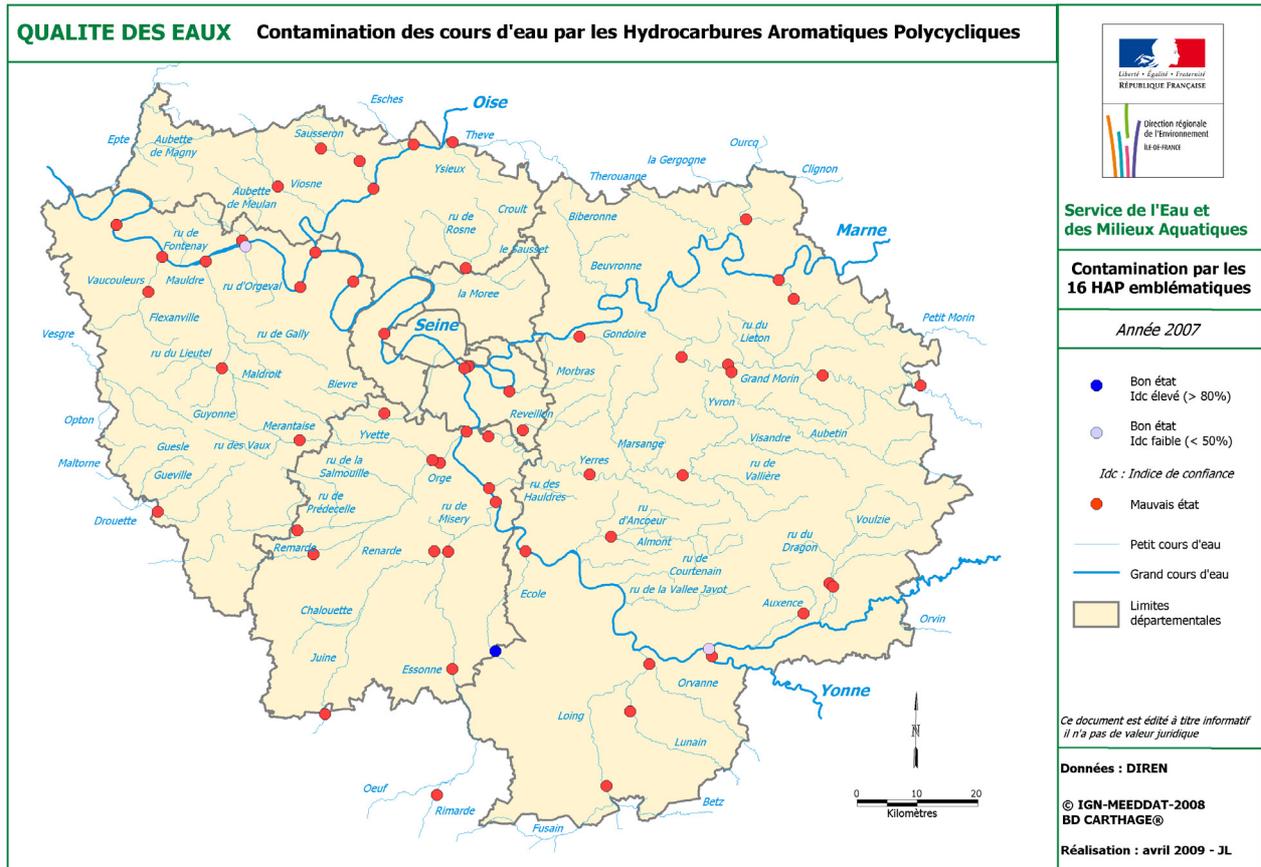


Toxique et cancérigène, cette famille de molécules n'est pas sans séquelles sur les écosystèmes aquatiques. Leur toxicité augmente avec leur poids moléculaire, s'expliquant en partie par une plus faible dégradation, associée à une plus forte bioconcentration, des HAP lourds. Ainsi, les HAP légers d'origine pétrolière sont moins toxiques que les HAP lourds d'origine pyrolytique. Certains d'entre eux ont été classés comme cancérigènes probables pour l'Homme (le Benzo(a)anthracène, le Benzo(a)pyrène et le Dibenz(a,h)anthracène), d'autres comme cancérigènes possibles (le Benzo(b)fluoranthène, le Benzo(k)fluoranthène et le Indeno(1,2,3-cd)pyrène) par l'International Agency for Research on Cancer (IARC). Ils font partie des **Polluants Organiques Persistants**.

La chimie de ces substances (voir *Annexe 4*) est moins complexe que celle des métaux. Du fait de leur affinité avec les matières particulaires, les HAP se concentrent beaucoup dans les sols et les sédiments des milieux aquatiques. Toutefois, les HAP d'origine pétrolière (acénaphène, anthracène, fluoranthène et naphthalène), composés plus légers que ceux issus des combustions incomplètes, se dissolvent assez facilement dans l'eau. Certains, comme le naphthalène, sont même fortement volatils depuis l'eau.

ÉTAT DE LA CONTAMINATION DES EAUX SUPERFICIELLES PAR LES HAP

La *carte 8* présente la qualité des eaux superficielles vis-à-vis des 16 HAP suivis lors de la campagne de 2007. Les niveaux de contamination ont été établis à partir des NQE, définitives pour les HAP de la DCE et provisoires pour les autres. La couleur donnée à la station correspond à celle du HAP le plus déclassant.



Carte 8 : Contamination des cours d'eau par les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques en 2007.

A trois exceptions près, toutes les stations de suivi sont contaminées par les HAP, même celles situées en tête de bassins versants ruraux. Seuls l'amont de l'Ecole et deux stations en Seine présentent un bon état. A noter que pour ces deux dernières stations, l'indice de confiance est très faible du fait qu'il n'a pas été possible de se prononcer sur la contamination ou non du couple « benzo(ghi)pérylène + indéno(1,2,3-cd)pyrène », HAP dangereux prioritaire fortement déclassant au niveau national.

La *figure 5* montre l'état des stations par rapport aux différents HAP. Elle permet d'isoler les HAP responsables de nombreux déclassements, tels que le couple « benzo(ghi)pérylène + indéno(1,2,3-cd)pyrène » précédemment cité ainsi que le benzo(a)anthracène et le chrysène. **Ces quatre substances sont responsables d'un déclassement de 85 à 90% des stations.** Les faibles NQE associées et leur diffusion ubiquitaire expliquent l'ampleur de la contamination observée. Les HAP d'origine pyrolytique, les plus toxiques pour l'environnement, sont ceux majoritairement retrouvés.



Le fluoranthène est un des HAP les plus présents dans l'environnement ; son caractère persistant en fait un très bon indicateur de présence des HAP plus dangereux. Sa principale source d'émission provient des rejets atmosphériques, ainsi que des lixiviats des aires de stockage de charbon et des usines de traitement de bois.

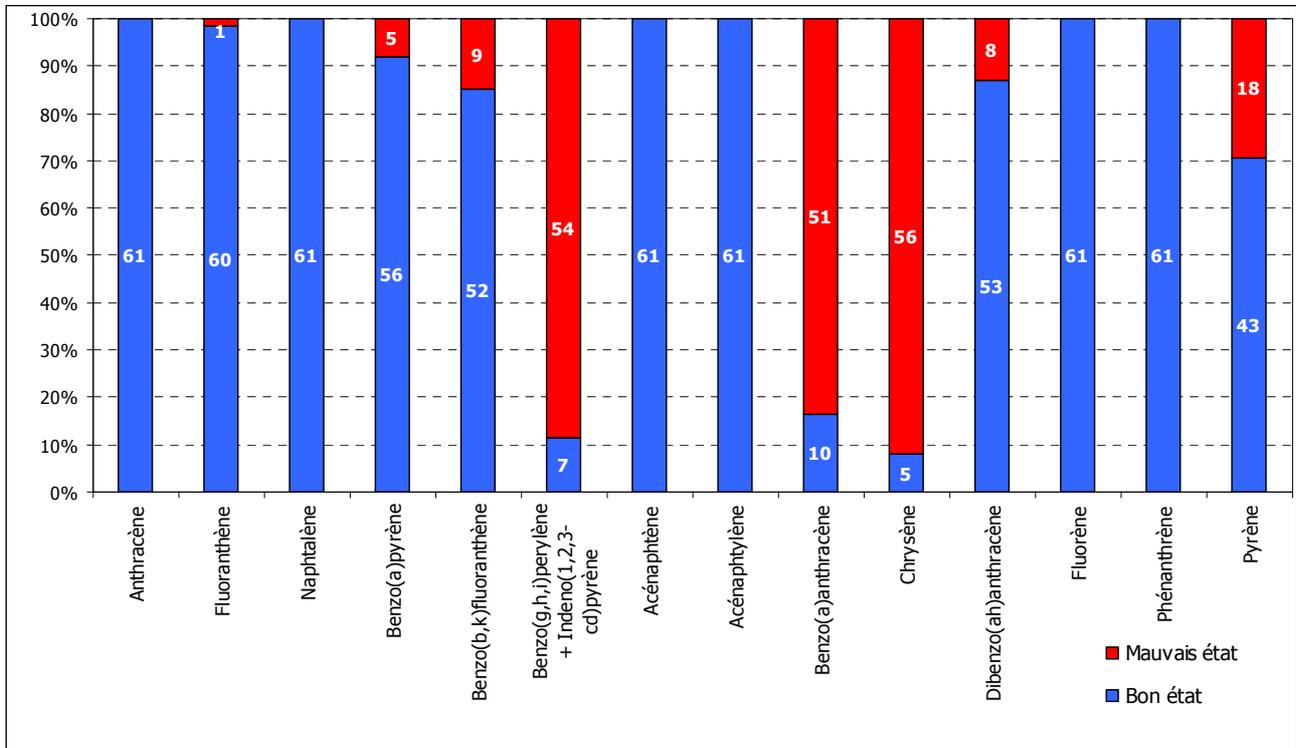


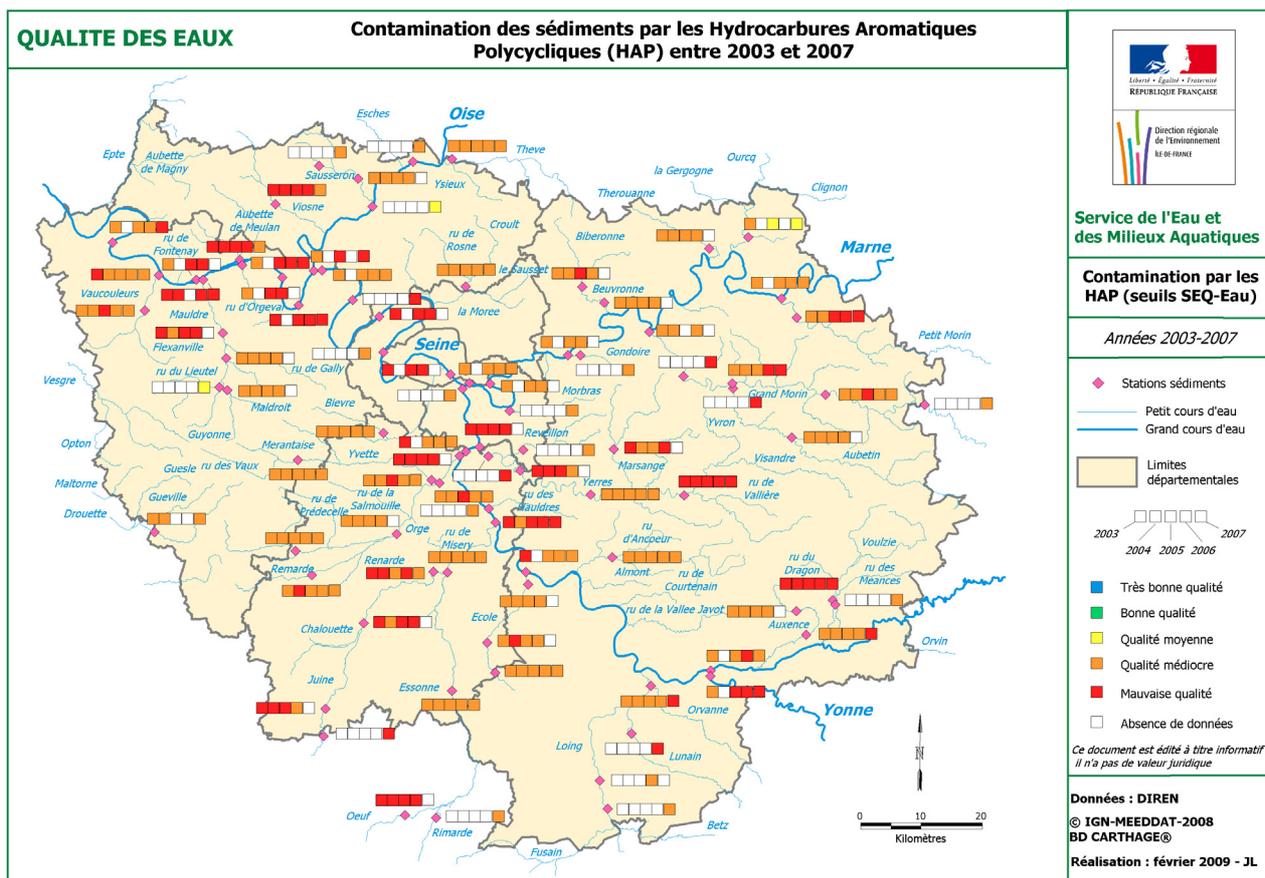
Figure 5 : Etat des stations par rapport aux 16 HAP analysés en 2007 (Source : DIREN).

ÉTAT DE LA CONTAMINATION DES SEDIMENTS PAR LES HAP

La *carte 9* présente l'évolution de la qualité des sédiments vis-à-vis des 16 HAP entre les années 2003 à 2007, selon les seuils du SEQ-Eau.

On retrouve une contamination généralisée des sédiments, oscillant d'une qualité moyenne à mauvaise. La Seine aval ainsi que certains cours d'eau tels que la Voulzie, l'Yerres, l'Oeuf, la Viosne, la Mauldre et l'aval du Petit Morin, de l'Orge et de l'Essonne paraissent particulièrement touchés.

Cette fois-ci, le passage en mauvaise qualité est essentiellement dû au benzo(a)pyrène, qui est le HAP responsable du déclassement.



Carte 9 : Contamination des sédiments par les HAP entre 2003 et 2007.

CONCLUSION

Le constat de la contamination des cours d'eau et de leurs sédiments par les HAP est univoque. **Tous les bassins sont touchés, même ceux situés dans les zones les plus rurales.**



Le plus souvent, les HAP fixés aux particules sont protégés des réactions chimiques de transformation et de décomposition, ce qui explique leur persistance dans le milieu, à l'inverse d'hydrocarbures simples qui peuvent être plus facilement photolysés*. Toutefois, des études ont mis en évidence des **processus naturels de biotransformation** pour certains d'entre eux, pouvant atteindre 90% avec une cinétique dépendant des paramètres environnementaux (pH, température, micro-organismes). Cette métabolisation* permet une diminution des concentrations le long de la chaîne trophique* (sauf chez les mollusques qui sont peu aptes à les dégrader).

Au vu de cette contamination générale et importante (la plupart des Etats membres sont concernés), un argumentaire a été rédigé pour mettre en avant les difficultés d'atteinte du bon état chimique des masses d'eau pour ces paramètres. Par ailleurs, certaines NQE, notamment celle du couple « benzo(ghi)pérylène + indéno(1,2,3-cd)pyrène » pourraient s'avérer très protectrices, au risque de trop sur-évaluer la dégradation du milieu et donc l'impact sur l'environnement.

Cet objectif est d'autant plus difficilement réalisable que les leviers d'actions sur ces substances concernent très peu le domaine de l'eau. A l'exception d'une meilleure gestion des eaux pluviales, **il n'existe aucune mesure efficace applicable rapidement pour réduire les émissions de HAP.** Le compartiment principal d'émission reste l'atmosphère, milieu moins strict sur le plan réglementaire. Il est également beaucoup moins documenté que l'eau.

Il est donc nécessaire d'approfondir les recherches sur le rôle de l'atmosphère en tant que vecteur de nombreux contaminants pour le milieu aquatique, à l'instar du PIREN Seine qui vient de lancer une étude visant à caractériser les sources d'apports atmosphériques pour les perturbateurs endocriniens*. Ce travail doit approfondir la relation entre la contamination atmosphérique et le dépôt atmosphérique, via l'étude du transfert entre la phase gazeuse et la phase particulaire.

Enfin, des outils réglementaires devraient être instaurés assez rapidement pour limiter les émissions atmosphériques des HAP et ainsi appuyer les SDAGE dans leurs objectifs de résultats imposés par la DCE. Certaines mesures sont d'ores et déjà prises en compte dans le projet de loi de programmation du Grenelle de l'environnement, à travers notamment les économies d'énergie fossile.

Il est à noter que des techniques de dégradation des HAP dans les sols par les plantes, appelées **phytoremédiation**, commencent à s'intensifier. En effet, il est désormais avéré que la végétalisation d'un sol conduit à une diminution de sa toxicité, du fait d'une augmentation de la microflore au niveau des racines (effet rhizosphère*). Toutefois, les observations réalisées jusqu'à maintenant ne permettent pas de conclure sur une réelle dégradation des HAP, l'augmentation de la microflore identifiée comme dégradant ces substances n'étant pas significative. Il est plutôt fait état d'une dissipation*.





FOCUS 3 : LES PRODUITS PHYTOSANITAIRES

AVANT-PROPOS

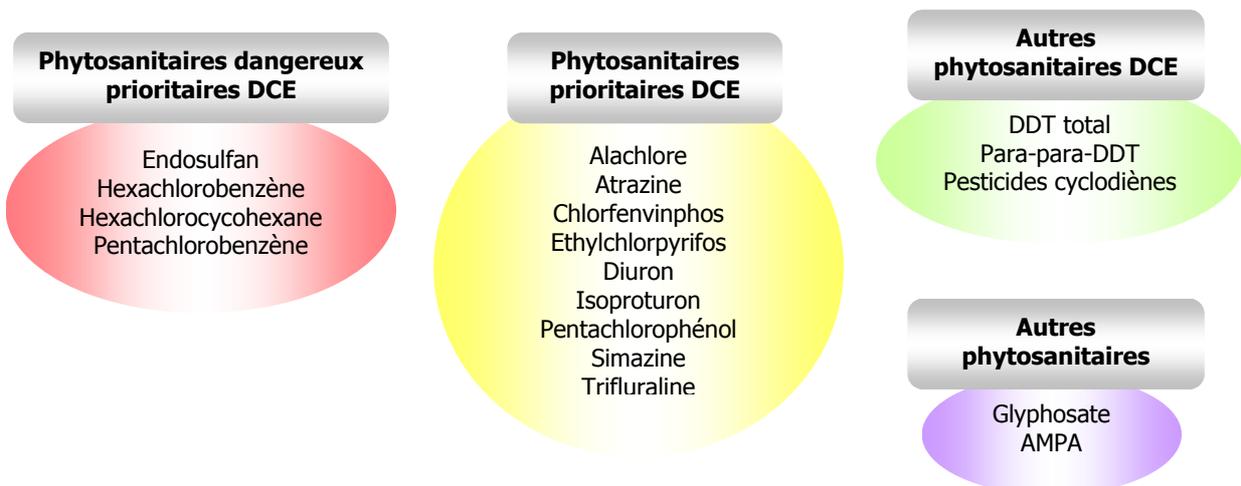
L'analyse des produits phytosanitaires fait l'objet en Ile-de-France d'un réseau de suivi spécifique, le **réseau Phyt'eaux propres**, accompagné de publications de la DIREN, les **Info phytos**, qui font état de la contamination des rivières par ces substances.

La finalité de ce chapitre n'est donc pas de dresser un inventaire exhaustif de la pression exercée par les phytosanitaires sur nos rivières mais plutôt de focaliser notre regard sur les substances DCE.

Pour plus de renseignements sur cette pression, se reporter aux Info phytos, disponibles sur le site de la DIREN Ile-de-France : www.ile-de-france.ecologie.gouv.fr/spip.php?article494.



Ainsi, sont présentés ici les résultats pour la quinzaine de pesticides DCE, ainsi que le glyphosate et son métabolite* l'acide aminométhyle phosphorique (AMPA), tous deux candidats comme substances prioritaires pour l'état chimique.



ORIGINES DES PRODUITS PHYTOSANITAIRES DANS LES MILIEUX AQUATIQUES



La France est le premier consommateur de pesticides en Europe, avec plus de 5 kg/ha/an. Leur utilisation par le monde agricole pour améliorer les rendements des cultures lors des dernières décennies a conduit à une contamination diffuse, devenue historique, des milieux aquatiques. Toutefois, la part des usages non agricoles de ces produits n'est pas négligeable. On estime en effet que 9 à 29% des apports de pesticides dans les rivières d'Ile-de-France proviennent d'un usage urbain (désherbage des jardins, des espaces verts ou des voiries).

En France, les molécules les plus utilisées en milieu urbain sont le diuron, l'aminotriazole et le glyphosate, cette dernière étant la substance active la plus utilisée dans le monde.

Les substances actives concernées dans ce chapitre sont exclusivement des herbicides et des insecticides qui font l'objet d'un important encadrement réglementaire. La majorité d'entre elles sont d'ailleurs aujourd'hui interdites d'usage en France et dans l'Union Européenne. La dernière interdiction est celle du diuron, depuis le 13 décembre 2008.



La substance active d'un pesticide n'est pas le seul toxique présent dans le produit commercial. Certains ont besoin de surfactants*, soupçonnés de présenter des toxicités aquatiques parfois plus importantes. Par ailleurs, les produits de dégradation de ces substances actives ne sont pas non plus sans danger pour le milieu.

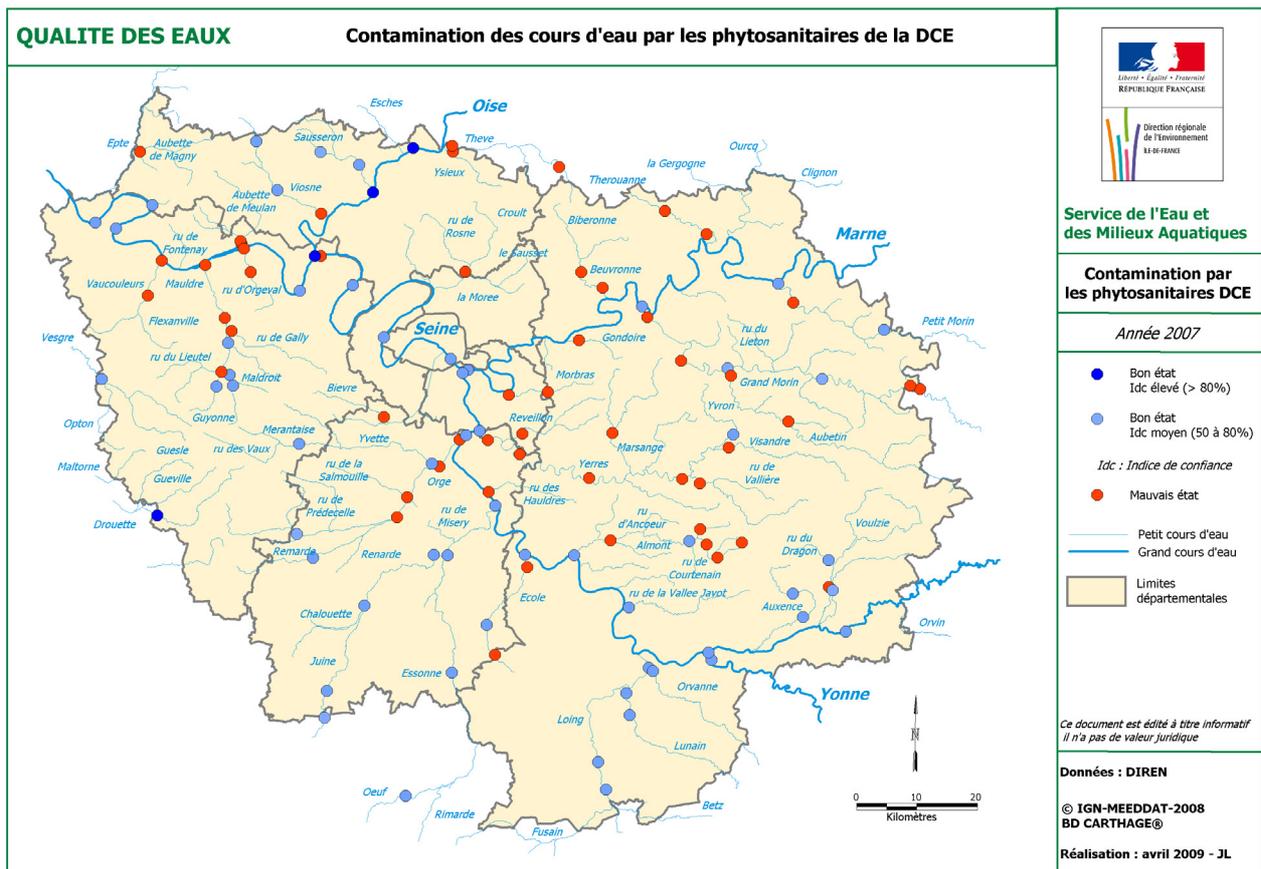
Pour plus d'informations, le ministère de l'Agriculture et de la Pêche met en ligne la **base de données e-phy** (e-phy.agriculture.gouv.fr), qui liste tous les usages de pesticides autorisés en France.

ÉTAT DE LA CONTAMINATION DES EAUX SUPERFICIELLES PAR CES PESTICIDES

Contamination par les pesticides DCE

La *carte 10* présente la qualité des eaux superficielles vis-à-vis des phytosanitaires DCE pour la campagne de 2007. Les niveaux de contamination ont été établis à partir des NQE. La couleur donnée à la station correspond à celle du pesticide le plus déclassant.

A la lumière de cette carte, on s'aperçoit que la contamination par ces substances reste encore relativement forte, avec **45% de stations déclassées**.



Carte 10 : Contamination des cours d'eau par les substances phytosanitaires de la DCE en 2007.

Le diuron est à l'origine de plus de 80% des déclassements (42 stations contaminées sur 51 déclassées), suivi de l'isoproturon avec 14 déclassements, soit près de 30%.

En dehors de ces deux herbicides, quatre autres substances déclassent chacune une station : l'hexachlorocyclohexane sur la Voulzie, l'alachlore sur la Beuvronne, la trifluraline sur le ru de Courtenain et le chlorpyrifos sur la Seine aval.

La tendance observée sur les résultats des années précédentes se confirme : une diminution du nombre de déclassements par l'isoproturon mais une augmentation par le diuron. Suite à l'interdiction du diuron depuis fin 2008, cette tendance devrait changer d'ici les prochaines années.



Les bassins versants apparaissant comme les plus dégradés sont l'Orge, l'Yerres, le Grand Morin, le ru de Courtenain, les petits affluents de la Marne (Thérouanne, Beuvronne, Gondoire et Morbras) et la Seine mantoise et ses affluents (Mauldre, Vaucouleur, ru d'Orgeval).

L'utilisation urbaine des pesticides engendre une plus grande difficulté à distinguer les zones d'apport.

Des difficultés analytiques subsistent pour certaines substances, notamment l'endosulfan et les pesticides cyclodiènes (drines). Ces incertitudes sont traduites par un indice de confiance moyen, avec 60% des paramètres sur lesquelles un diagnostic a pu être prononcé. Seules les quatre stations sur l'Oise et la Drouette, suivies par un laboratoire différent, affichent un niveau de confiance élevé, avec 85% des paramètres sur lesquels un diagnostic a pu être prononcé.



Des études suisses ont mis en cause la part de responsabilité du lessivage des façades dans la pollution de l'eau. En effet, la plupart des substances actives utilisées dans la fabrication des produits phytosanitaires ont leurs équivalents dans les produits biocides. Utilisées comme algicides ou fongicides, ces substances rentrent dans la composition des peintures et crépis synthétiques.

Ainsi, des teneurs en herbicide comme le diuron ont pu être quantifiées jusqu'à 35 000 fois la NQE dans le premier litre d'écoulement des façades. Bien sur, la dilution du lessivat dans le milieu est telle que les concentrations finales restent admissibles. Toutefois, cela démontre l'impact du ruissellement des façades et des rejets pluviaux dans les petits cours d'eau.

Contamination par le glyphosate et l'AMPA

La *carte 11* présente la qualité des eaux superficielles vis-à-vis du glyphosate pour la campagne de 2007. Faute de disposer d'une NQE sur cette substance, les niveaux de contamination ont été établis à partir des seuils du SEQ-Eau, rappelés ci-dessous.

	BLEU	VERT	JAUNE	ORANGE	ROUGE
Glyphosate (µg/l)	0,04	0,4	1,2	2	\

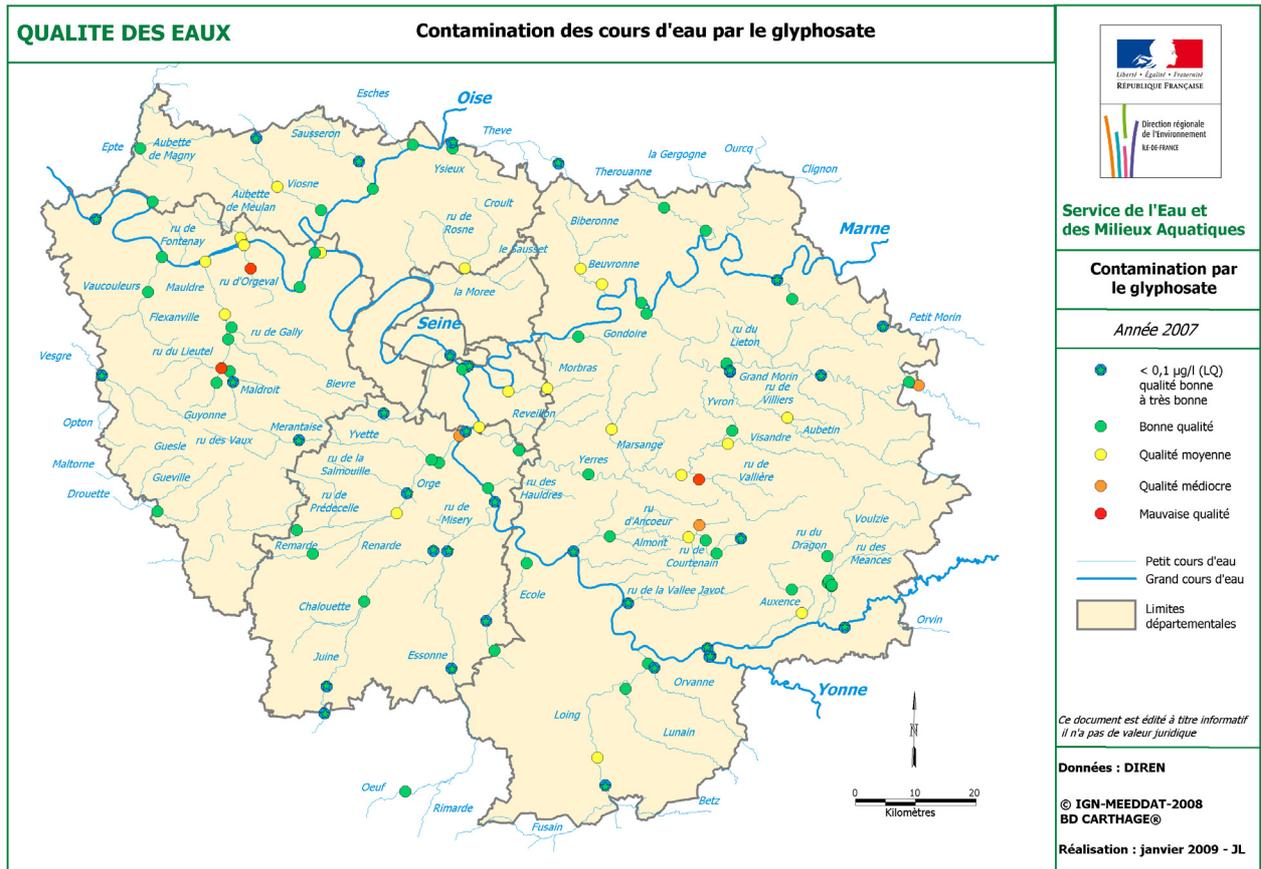
Si l'on considère le seuil de 0,4 µg/l (correspondant à la limite de bonne qualité du SEQ Eau) pour déterminer l'état d'une station, on dénombre 25% de stations déclassées par le glyphosate (méthode du percentile 90). Six stations affichent un état médiocre ou mauvais.

Parmi les secteurs contaminés, on peut citer la Mauldre et le ru d'Orgeval, l'amont de l'Yerres et le ru de Courtenain.

L'AMPA quant à lui se calque sur ces zones et se retrouve notamment sur la Mauldre, le ru de Courtenain et le Loing, à des concentrations quelquefois dix fois supérieures à celles du glyphosate.

Le maximum observé correspond à un percentile 90 près de 25 fois supérieur entre l'AMPA et sa molécule mère sur le ru de Courtenain au niveau de Nangis et une concentration moyenne annuelle en AMPA quinze fois plus importante que celle du glyphosate sur le Loing au niveau de Moret-sur-Loing.





Carte 11 : Contamination des cours d'eau par le glyphosate en 2007.

D'après des études du PIREN-Seine, il semble que les collecteurs d'eaux pluviales sont la principale voie de transfert du glyphosate vers les eaux de surface en milieu urbain. Son métabolite l'AMPA est retrouvé quant à lui aussi bien dans les collecteurs d'eaux usées que d'eaux pluviales. Ainsi, en dehors des périodes d'application et de temps de pluie, l'origine de ces deux substances semble être différente, ce qui n'est pas surprenant puisque l'AMPA est également un produit de dégradation de l'acide phosphorique présent dans les détergents.

CONCLUSION

Les résidus de pesticides restent encore bien présents dans les milieux (en *figure 6*) et leur présence chronique a conduit à s'interroger sur les impacts sanitaires et environnementaux : cancers, neuropathologies, perturbations endocriniennes, troubles de la reproduction ou du développement, etc. Afin de mieux caractériser l'exposition réelle des hommes aux pesticides et de mutualiser les données et les moyens, l'Observatoire des résidus des pesticides (ORP, www.observatoire-pesticides.gouv.fr) a été créé. Il rassemble, valorise et exploite les données existantes concernant les résidus de pesticides présents dans l'eau, l'air, les sols et les produits consommés par l'homme.



Le premier colloque de l'ORP s'est tenu mi-mars 2009 pour présenter d'une part les résultats du plan d'actions 2006–2008 et pour dévoiler d'autre part les orientations du plan 2009–2011, en lien avec la mise en œuvre du plan Ecophyto 2018 et du Plan National Santé Environnement II (PNSE II). Le colloque de restitution est disponible sur le site de l'AFSSET, à l'adresse : www.afsset.fr/index.php?pageid=415&newsid=420&MDLCODE=news&type.

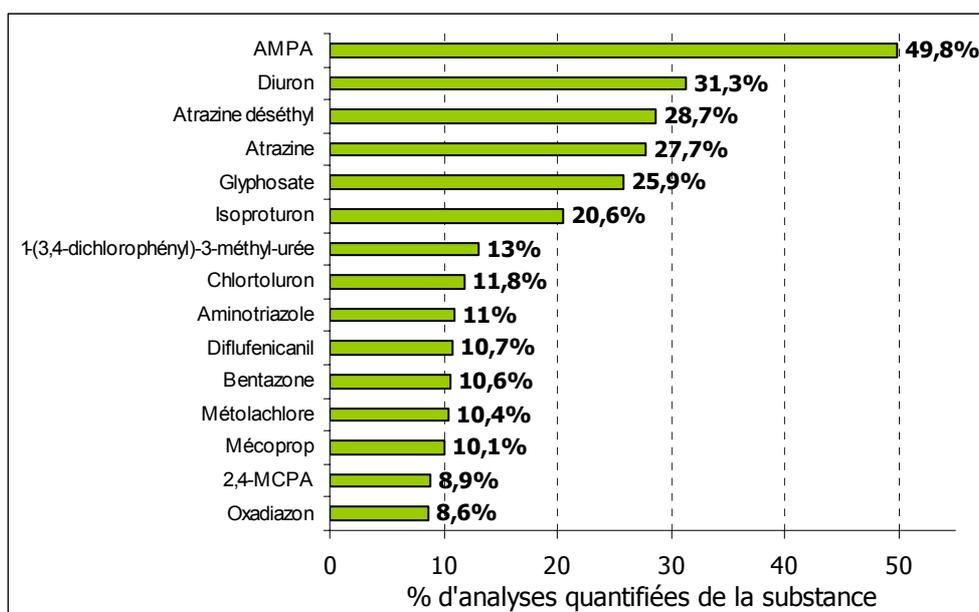


Figure 6 : Les principales molécules quantifiées dans les cours d'eau en 2006 en France métropolitaine.
(Sources : Agences de l'eau – Conseils généraux – DIREN – DRAF – SRPV – Traitement SOeS).

L'impact des pesticides sur les communautés aquatiques a fait l'objet d'une publication récente. Cette étude a confirmé l'influence des pesticides sur la structure de la communauté aquatique, avec l'utilisation de l'approche SPEAR (SPECies At Risk), outil de biomonitoring pour de larges échelles spatiales. Cette approche classe les macroinvertébrés selon leur vulnérabilité aux pesticides, en sélectionnant certains traits écologiques et physiologiques, et permet de distinguer des autres facteurs environnementaux les effets induits par les pesticides.

La problématique des phytosanitaires reste complexe, liée à la multiplicité des usages de ces substances (de l'agriculture à l'entretien des voiries et des parcs) et à leurs nombreux utilisateurs (du professionnel au particuliers, en passant par les collectivités). Du fait, cette hétérogénéité n'induit pas le même niveau de formation d'utilisation et de connaissances des risques pour chaque utilisateur.

La politique menée au niveau national vise à faire évoluer les pratiques d'usages de ces substances. Cette réduction du recours aux phytosanitaires, et de façon générale aux pesticides, est notamment appuyée par le SDAGE. Le groupe régional Phyt'eaux propres permet quant à lui d'apporter des conseils techniques aux représentants des professionnels et de mettre en œuvre le plan Ecophyto 2018.

L'application des lois dites Grenelle, dont les projets seront définitivement adoptés par le Parlement cet été, devraient permettre de corriger certains procédés d'usages. Certaines dispositions visent en effet à renforcer le dispositif de professionnalisation de la distribution, de l'application et du conseil à l'utilisation de ces produits, avec notamment la **formation et l'encadrement des utilisateurs**. L'interdiction de la publicité pour la vente de phytosanitaires à destination des jardiniers amateurs devrait en outre limiter leur utilisation par les particuliers.

De plus, trois nouvelles législations européennes (une directive cadre⁵ et deux règlements⁶), adoptées en 2009 pour une application en 2011, encadreront la mise sur le marché et l'utilisation des pesticides pour les dix prochaines années, abrogeant ainsi l'ancienne réglementation de 1991.

⁵ Résolution législative du Parlement européen du 13 janvier 2009 relative à la position commune du Conseil en vue de l'adoption de la directive du Parlement européen et du Conseil instaurant un cadre d'action communautaire pour parvenir à une utilisation des pesticides compatible avec le développement durable.

⁶ Résolution législative du Parlement européen du 13 janvier 2009 relative à la position commune du Conseil en vue de l'adoption du règlement du Parlement européen et du Conseil concernant la mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques et abrogeant les directives 79/117/CEE et 91/414/CEE du Conseil.

Résolution législative du Parlement européen du 24 avril 2009 relative à la position commune du Conseil en vue de l'adoption du règlement du Parlement européen et du Conseil relatif aux statistiques sur les produits phytopharmaceutiques.

La directive cadre demande à chaque Etat membre de fixer des objectifs de réduction des usages ou des risques liés aux pesticides. Des nouvelles procédures pour l'évaluation scientifique des substances sont instaurées, ainsi que des nouvelles exigences concernant la vente et l'utilisation des pesticides par les professionnels. Elles prévoient l'élimination de 22 substances⁷ cancérigènes, mutagènes et neurotoxiques les plus préoccupantes et limitent, voire interdisent, l'utilisation de pesticides dans les lieux fortement fréquentés par le grand public (parcs, jardins, terrains de sport, cours de récréation) ou à proximité des infrastructures de santé publique. Un des règlements prévoit de mettre à disposition des statistiques relatives aux pesticides (utilisation et mise sur le marché).

Une directive sur la certification du matériel d'application des pesticides est également annoncée par la Commission européenne pour compléter ce cadre législatif.

Le Service de l'Observation et des Statistiques (SOeS – ex IFEN) a publié un bilan consacré aux pesticides dans les eaux en janvier 2009, consultable sur le site de l'IFEN – SOeS (www.ifen.fr/donnees-essentielles/eau/les-pesticides-dans-les-eaux.html).



Ce bilan montre des niveaux de contamination très variables d'une région à l'autre, mais souvent significatifs.

⁷ Il s'agit de 8 herbicides (Amitrole, Ioxynil, Glufosinate, Linuron, Molinate, Pendimethalin, Tepraloxym, Tralkoxydim), de 11 fongicides (Carbendazim, Dinocap, Epoxiconazole, Flumioxazin, Flusilazole, Iprodion, Mancozeb, Maneb, Metconazole, Quinoxifen, Tebuconazole), de 3 insecticides (Bifenthrin, Lufenuron, Thiacloprid) et du Flurprimidol. Ces interdictions se feront de manière échelonnée, les dernières interdictions ne prenant effet qu'en 2018, après expiration des autorisations.



FOCUS 4 : LES POLYCHLOROBIPHENYLES

ORIGINES DES POLYCHLOROBIPHENYLES DANS LES MILIEUX AQUATIQUES

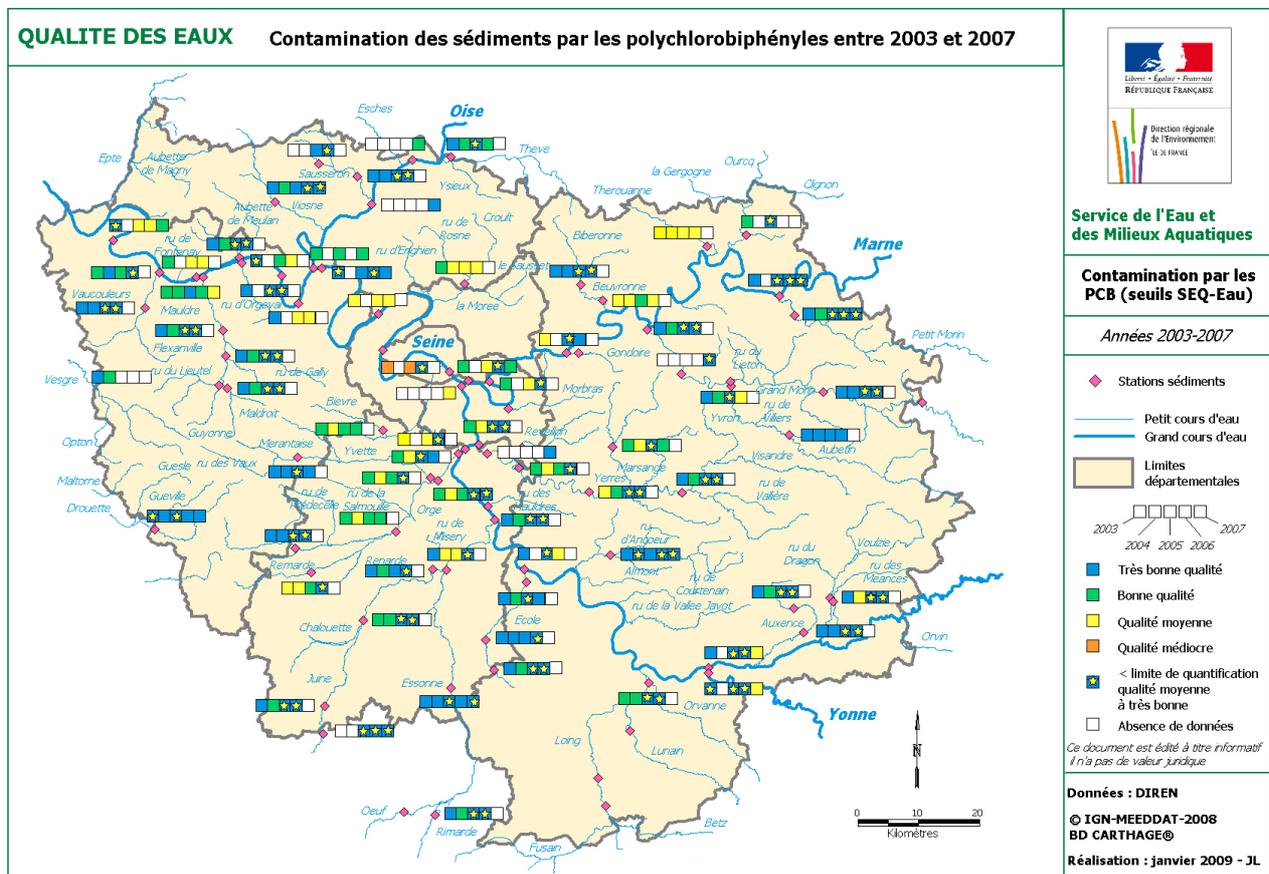
Très largement utilisés à partir des années 30 pour leurs propriétés isolantes et lubrifiantes (transformateurs, condensateurs, etc.), les polychlorobiphényles (PCB) sont interdits en France depuis 1987. Néanmoins, ces substances sont encore présentes dans d'anciens appareils, ce qui a conduit en 2003 à lancer le **Plan national de décontamination et d'élimination des appareils contenant des PCB**, visant à leur élimination complète avant fin 2010. Plus d'une centaine de plans particuliers devraient être mis en place pour les gros détenteurs, dont EDF et la SNCF. A noter qu'est prévu en 2009 le contrôle des détenteurs d'appareils contenant plus de 500 ppm en PCB et relevant du régime général d'élimination du plan national, qui avaient l'obligation de décontaminer ou d'éliminer leur équipement en 2008.

Du fait de leur forte persistance dans l'environnement, ces substances lipophiles se sont accumulées progressivement dans les sols et les sédiments, ainsi que dans les tissus graisseux des organismes aquatiques. De plus, les huiles PCB sont facilement miscibles avec d'autres huiles minérales, ce qui occasionne des volumes plus importants à éliminer et traiter que ceux initialement mis en cause.

ETAT DE LA CONTAMINATION DES SEDIMENTS PAR LES POLYCHLOROBIPHENYLES

Pour mémoire, les PCB ne font pas partie de la liste de substances utilisées pour l'évaluation de l'état chimique des eaux. Toutefois, la directive 2008/105/CE prévoit qu'ils auraient vocation à s'y rattacher. De plus, les PCB ont été retenus comme substances pertinentes au titre du programme national d'actions à l'échelle du bassin Seine-Normandie.

La *carte 12* présente la qualité des sédiments vis-à-vis des PCB entre 2003 et 2007. Les niveaux de contamination ont été établis à partir des seuils du SEQ-Eau, en prenant en compte la somme des sept congénères de PCB les plus fréquents dans l'environnement : 28, 52, 101, 118, 138, 153 et 180.



Carte 12 : Contamination des sédiments par les polychlorobiphényles entre 2003 et 2007.

Les résultats montrent une contamination ponctuelle par les PCB, ne touchant que certains cours d'eau. Ainsi, les cours d'eau les plus chargés sont la Thérouranne, le Croult, la Beuvronne, l'Orge et la Seine. Il n'est pas constaté d'amélioration ou de dégradation majeure au cours de ces cinq dernières années, ce qui souligne l'**inertie du milieu** à dégrader ces substances.

On s'aperçoit que la qualité médiocre de la Seine à Paris passe en 2006 à une meilleure qualité (aucun PCB n'est retrouvé), ce qui peut s'expliquer surtout par un problème de prélèvement.

Ces analyses ayant été réalisées sur la couche superficielle des sédiments, les résultats ne permettent pas de préjuger de la contamination historique de ceux-ci par les PCB et de la contamination des organismes aquatiques susceptibles de les accumuler.



Des recherches portant sur la modélisation du transport des PCB via les sédiments sont actuellement menées par l'ONEMA et le CEMAGREF.

LE PLAN NATIONAL D'ACTIONS SUR LES POLYCHLOROBIPHENYLES

Depuis plusieurs années est posée la question de la pollution de nos rivières par les PCB et de son impact sur l'environnement et la population.

En effet, toxiques pour les organismes aquatiques avec des effets perturbateurs endocriniens avérés, les PCB sont par ailleurs suspectés d'être cancérigènes et toxiques pour le développement de l'enfant.

Suite aux analyses de sédiments et biotes d'eau douce, dans le cadre du Plan national d'actions sur les PCB, des arrêtés préfectoraux d'interdiction de pêche, en vue de la commercialisation et de la consommation, ont été pris (sur le Rhône, la Seine estuarienne). Les pêcheurs amateurs ont par ailleurs fait l'objet d'une campagne de sensibilisation.

Les investigations de 2008 sur le bassin de la Seine semblent confirmer les dépassements de la teneur en PCB par rapport aux seuils européens. De ce fait, les mesures d'interdiction ont été étendues aux secteurs situés en amont du fleuve. Toutefois, les activités de pêche de loisir pourraient être maintenues à condition que les prises ne soient pas consommées.

La surveillance des milieux et la recherche des sources de contamination historique se poursuivent, en parallèle au développement de nouvelles techniques de dépollution.



Il semble que les poissons vivant au contact des sédiments (**espèces benthiques**), tels que les anguilles, barbeaux, carpes et brèmes communes, sont des espèces susceptibles d'être contaminées de manière plus importante que les **espèces pélagiques** (vivant en pleine eau). Toutefois, les connaissances restent encore trop imprécises pour prendre des mesures d'interdiction sur des espèces cibles mais des études sont en cours sur ce sujet.

Enfin, l'AFSSA vient de lancer, en avril 2009, une **étude sur l'imprégnation** devant permettre de comparer les teneurs sanguines en PCB des consommateurs réguliers de poissons d'eau douce et des non consommateurs. Il faudra attendre février 2011 pour avoir les résultats finaux et connaître les recommandations quant aux fréquences de consommation non nocive pour la santé humaine. Toutefois, des premiers résultats pourront être livrés mi 2010. Selon l'AFSSA, 90% de l'exposition aux PCB de la population proviendraient de l'alimentation.



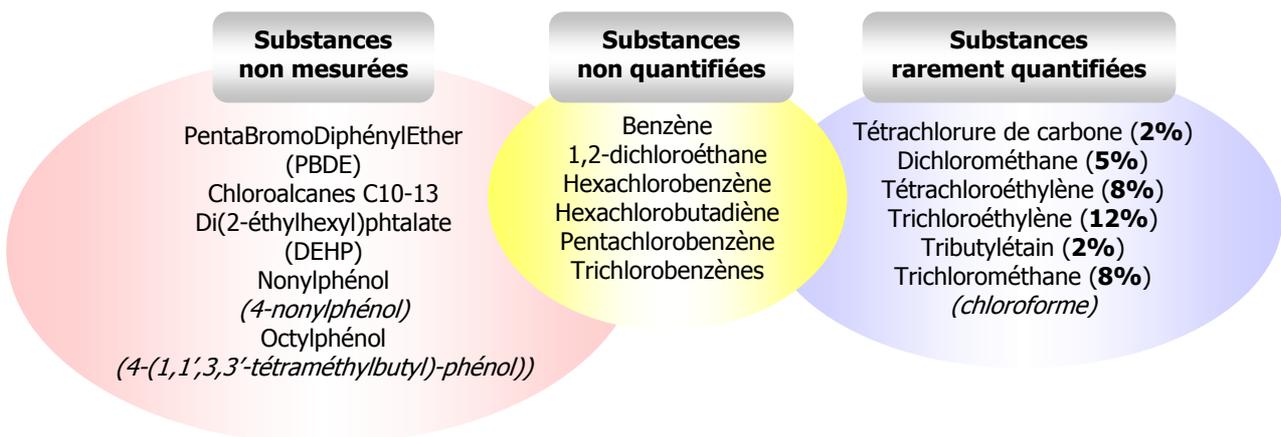
FOCUS 5 : LES AUTRES TYPES DE POLLUANTS

A l'inverse des micropolluants métalliques et des hydrocarbures, la prise en considération des phtalates, des retardateurs polybromés ou polyfluorés et des alkylphénols est très récente. Pourtant, ces derniers sont considérés comme des familles de molécules à effet perturbateur endocrinien et constituent des indicateurs globaux de l'impact des activités anthropiques sur la qualité des cours d'eau.

Les 17 autres substances de la DCE, essentiellement des polluants industriels (détergents, plastifiants, etc.) et des solvants chlorés et benzéniques ne feront pas l'objet d'une cartographie spécifique puisque les résultats ne montrent aucune contamination, à l'exception d'une station sur l'Oise, à Conflans-Sainte-Honorine, déclassée par le **tributyl étain**.

Certains de ces produits ont encore un usage industriel important, notamment les solvants chlorés comme les tétrachloro- et trichloro- éthylènes dans l'industrie du textile et le dégraissage de pièces métalliques. Toutefois, compte tenu de leur forte volatilité et de leur faible viscosité, ils migrent rapidement vers les nappes et ne subsistent que peu de temps dans les eaux superficielles.

Parmi ces substances, cinq n'ont pas fait l'objet d'analyses sur l'année 2007, six autres n'ont jamais été quantifiées (parmi lesquelles quatre substances avec des limites de quantification supérieures à leur NQE) et les six dernières très rarement (entre 2 et 12% des stations).



Parmi les plus fortes valeurs quantifiées, on peut citer :

- ❑ le tétrachlorure de carbone sur l'Orge à Sermaise :
moyenne annuelle de 3,15 µg/l pour une NQE de 12 µg/l ;
- ❑ le 1,2-dichloroéthane sur la Gondoire à Saint-Thibault-des-Vignes :
moyenne annuelle de 11 µg/l pour une NQE de 20 µg/l ;
- ❑ le tétrachloroéthylène sur l'Ourcq à Ocquerre :
moyenne annuelle de 1,5 µg/l pour une NQE de 10 µg/l ;
- ❑ le trichloroéthylène sur l'Ourcq à Ocquerre :
moyenne annuelle de 0,99 µg/l pour une NQE de 10 µg/l ;
- ❑ le trichlorométhane sur la Vaucouleurs à la Villette :
moyenne annuelle de 1,3 µg/l pour une NQE de 2,5 µg/l.

Des nouvelles technologies d'épuration des eaux industrielles apparaissent, notamment pour des effluents contenant des composés aromatiques halogénés, toxiques et non biodégradables. Elles visent à remplacer les simples techniques d'oxydation par des procédés catalytiques, tels que l'**hydrodéchloration catalytique** par exemple.



Les analyses sur sédiments confirment cette situation : il n'y a aucun déclassement (seuils SEQ-Eau) pour cette matrice sur ces paramètres pour l'année 2007.



Le DEHP est un plastifiant, largement utilisé pour la fabrication du polychlorure de vinyle (PVC). Sa production mondiale a été multipliée par 2,5 en trente ans et la tendance risque d'être difficile à inverser car les possibilités de voies de substitution existantes sont encore délicates à mettre en place. Son caractère ubiquiste engendre un bruit de fond quasi permanent de cette molécule. Les phtalates sont des perturbateurs endocriniens avérés chez les animaux et suspectés chez les hommes. Néanmoins, les risques de toxicité restent faibles car les niveaux d'exposition mesurés sont près de 300 fois inférieurs à ceux présentant des risques avérés.

Lors d'études menées par le PIREN Seine, du DEHP a été retrouvé sur plusieurs petits cours d'eau périurbains de la région, avec une concentration moyenne de 0,15 µg/l. Des concentrations supérieures à la NQE (1,3 µg/l) ont été mesurées sur l'Orge, provenant d'eau de ruissellement prélevée en amont de Limours. Ces résultats sont à nuancer toutefois car il demeure encore de forts problèmes analytiques sur cette substance, inhérents au bruit de fond engendré notamment par les matériels de prélèvement.

Le suivi du DEHP sur les sédiments pour les années 2006 et 2007 a mis en évidence une nette contamination de la Seine et de la Marne aval, ainsi que de l'Aubetin, la Juine, l'Oeuf, l'Orge aval, le Croult et la Thève, avec des concentrations largement supérieures à 5 000 µg/kg, voire 15 000 µg/kg pour l'Aubetin en 2006.

Une note de l'INERIS sur les sources de DEHP dans les eaux fait apparaître la faible part des émissions directes à travers les systèmes d'épuration (qui serait probablement inférieure à 10%) par rapport aux apports totaux dans les milieux aquatiques. Les émissions sont essentiellement diffuses, via le ruissellement urbain.



Le bassin versant de l'Orge-Yvette est également le siège d'une contamination par les retardateurs de flamme polybromés, détectés systématiquement dans tous les échantillons (sans dépassement de NQE, fixée à 0,5 ng/l), alors que l'activité industrielle de ce bassin ne s'y prête pas. **Ce résultat renforce le caractère diffus de certains polluants industriels, retrouvés en tête de bassin, provenant essentiellement de retombées atmosphériques.**

SUBSTANCES EMERGENTES : UN NOUVEL ENJEU ?



PROBLEMATIQUE

Avec l'essor de l'industrie chimique ces dernières décennies, industrie pharmaceutique en tête, le nombre de molécules susceptibles d'être présentes dans les milieux aquatiques est en constante augmentation. Par ailleurs, à mesure qu'étaient mieux traités les rejets polluants « classiques », des pollutions de plus en plus fines ont pu être relevées.

La prise de conscience du risque environnemental, conjuguée aux perfectionnements des techniques analytiques permettant une meilleure détection et quantification, a conduit au développement de travaux de recherche sur un certain nombre de substances actives. Ces travaux portent essentiellement sur la métrologie, la caractérisation des sources et des flux de substances, l'efficacité des solutions de traitement et la recherche de procédés alternatifs.

Toutefois, bien que ces substances soient d'usage courant et avec des effets nocifs pour certaines, la majorité d'entre elles ne font pas l'objet d'une réglementation nationale ou communautaire bien spécifique. On les appelle **substances émergentes** et elles représentent autant les molécules pharmaceutiques, les stéroïdes synthétiques, les produits d'hygiène, les cosmétiques que de nouveaux pesticides et molécules polybromées, etc. Elles peuvent être responsables d'effets neurotoxiques, cancérigènes et mutagènes. Par ailleurs, reste en suspens la question d'éventuels **effets perturbateurs endocriniens** pour un grand nombre d'entre elles.



On retrouve deux grandes familles de perturbateurs dans l'eau : les hormones naturelles ou de synthèse (contraceptifs) et des substances chimiques d'origine industrielle (pesticides, ignifugeants, cosmétiques, médicaments, peintures, produits de combustion...).

L'objectif principal de ce chapitre est d'exposer rapidement cette problématique, en allant au delà de la peur véhiculée de nos jours par les médias, avec sa part d'opinions, de ressentis et de préjugés. Dans ce climat d'inquiétude subsistent encore beaucoup d'incertitudes et la stigmatisation de certaines substances, notamment les médicaments, résulte majoritairement d'une approche affective plutôt que raisonnée.

Il s'agit donc ici de dresser un état des lieux des connaissances et des recherches, avec ses résultats et ses incertitudes, sur un sujet qui soulève beaucoup plus de questions qu'il n'apporte de réponses. Les références des études et documents de conférence consultés sont cités dans la bibliographie à la fin du document.

ECOTOXICOLOGIE ET RISQUE ENVIRONNEMENTAL

Avant tout, les concentrations des substances dites émergentes mesurées dans les milieux aquatiques sont le plus souvent faibles, de l'ordre du nanogramme, et leur temps de résidence dans l'environnement est généralement court, ce qui est vrai notamment pour les médicaments.

Toutefois, leur rejet en continu confère à ces molécules un **caractère de pseudo-persistance**, favorisant une **imprégnation chronique** du milieu.

Du fait de leur rapide biotransformation, la plupart des médicaments sont peu sujets à une bioaccumulation dans les organismes. Néanmoins, de par leur nature, conçus pour agir sur des processus métaboliques, l'apparition d'**effets sublétaux** sur le long terme n'est pas à exclure.



Le caractère toxique d'une substance peut s'exprimer de trois façons :

- la **toxicité létale**, engendrant la mort de l'organisme, est décrite par la **concentration létale** (CL_{50}) c'est-à-dire la concentration occasionnant la mortalité de la moitié des individus étudiés ;
- la **toxicité subléta**, altérant le comportement et la productivité biologique, est décrite par plusieurs indicateurs comme la **concentration minimale avec effet observé** (CMEO), la **concentration inhibitrice*** sur 50% des individus testés (CI_{50}) et les **concentrations avec effets*** sur 50 ou 100% des individus testés ($CE_{50,100}$) ;
- la **toxicité chronique ou insidieuse**, troublant les fonctions génétiques de l'organisme à long terme, développée lorsque la durée de vie de la substance toxique est suffisamment longue pour permettre sa bioaccumulation, voire sa bioamplification dans la chaîne trophique.

La prise en compte de l'impact environnemental de certaines de ces substances existe déjà, mais reste relativement récente. C'est le cas notamment des médicaments, à usage humain ou vétérinaire, dans le cadre de leurs **autorisations de mise sur le marché**. Ainsi, si le risque écotoxicologique* est estimé supérieur aux bénéfices attendus, l'autorisation peut être refusée ou des mesures de sécurité et de précaution lors de l'administration seront prévues.

L'évaluation européenne des médicaments à usage humain repose sur la directive 65/65/CEE, modifiée par la directive 2001/83/CE. En France, l'autorité compétente est l'Agence Française de Sécurité Sanitaire des Produits de Santé (AFSSAPS). Celle des médicaments vétérinaires est conduite par l'Agence Nationale du Médicament Vétérinaire, incluse dans l'Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments (AFSSA) ; elle est encadrée par la directive 81/852/CEE.



Toutefois, la réglementation européenne existante n'envisage pas encore toutes les conséquences écologiques, notamment sur le long terme, des rejets de ces substances pharmaceutiques et de leurs dérivés métabolites.

Aussi, il est prévu dans les évolutions de cette réglementation la réalisation d'une étude de biodégradabilité, jointe dans le dossier d'autorisation de mise sur le marché des nouveaux médicaments.

Il est donc nécessaire de renforcer la prise en compte de ces impacts environnementaux, aussi bien au niveau des risques aigus que chroniques, et poursuivre la **pharmacovigilance***.

Le calcul du risque environnemental pour ces substances est traduit par le rapport entre la **concentration environnementale prévisible ou mesurée**, ou PEC (Predicted Environmental Concentration), et la **concentration prévisible sans effet**, ou PNEC (Predicted No Effect Concentration). Lorsque ce rapport PEC / PNEC est inférieur à 1, le risque majeur pour l'environnement est considéré comme nul.

RESIDUS MEDICAMENTEUX : UNE NANO CONTAMINATION AVEREE

La France est un pays grand consommateur de médicaments, aussi bien ceux à usage humain (le quatrième consommateur mondial en 2008) que ceux à usage vétérinaire (le premier consommateur européen d'antibiotiques et d'hormones et le second pour les antiparasitaires).

Parmi les traitements les plus consommés figurent les médicaments contre les maladies cardio-vasculaires, ceux traitant des maladies neuro-dégénératives (Alzheimer, Parkinson) et des maladies du système digestif.

L'essentiel des utilisations vétérinaires correspond aux traitements des animaux d'élevage ; ce sont des antibiotiques, des antiparasitaires, des hormones et autres médicaments stimulant la croissance. L'utilisation des antibiotiques en piscicultures, notamment les quinolones, représente moins de 0,5% de leurs prescriptions totales mais les risques sont immédiats, du fait de leur dispersion directe dans le milieu.



La présence de ces résidus médicamenteux dans les eaux est liée à l'émission de rejets tout au long de leur cycle de vie : fabrication des principes actifs, utilisations hospitalière, ambulatoire ou vétérinaire, collecte et destruction des médicaments non utilisés.

De plus, la réduction des séjours hospitaliers que l'on observe aujourd'hui augmente la prise ambulatoire de médicaments et donc leur risque de diffusion dans l'environnement de façon incontrôlée.

Une part importante de ces composés synthétiques est introduite dans le milieu aquatique via les stations d'épuration. En effet, différentes études menées dans plusieurs pays ont montré la présence de près d'une centaine de produits pharmaceutiques dans des eaux usées urbaines à des concentrations allant du nanogramme au microgramme par litre, soit des concentrations voisines de la caféine.

Parmi les substances identifiées en quantité importante figurent des stéroïdes synthétiques (oestradiol, testostérone), des antidépresseurs (diazépam), des analgésiques et antipyrétiques (ibuprofène, paracétamol, diclofénac, aspirine), des antibiotiques (tétracyclines), des anticonvulsivants (carbamazépine) et des produits de contraste iodés (utilisés en radiographie). Elles ne sont pas complètement dégradées au niveau des stations d'épuration, qui ne sont pas conçues pour traiter ce type de polluants. De plus, certaines peuvent être adsorbées dans les boues et entraînées par ruissellement lors d'épandage. Il est présumé en effet que 60% des substances non dégradées sont accumulées dans les boues des stations d'épuration.

DE MULTIPLES PROGRAMMES DE RECHERCHE

Afin de mieux connaître la contamination des milieux par ces substances en émergence, de concevoir les substitutions et traitements appropriés et d'anticiper les évolutions réglementaires, différents programmes de recherche (*Figure 7*) ont été menés ou sont toujours en cours (voir *Annexe 5*) sur les composés pharmaceutiques, les pesticides ou encore les perturbateurs endocriniens. Certains programmes ont été appuyés par le **Plan National Santé-Environnement (PNSE)**, lancé pour 5 ans en 2004.

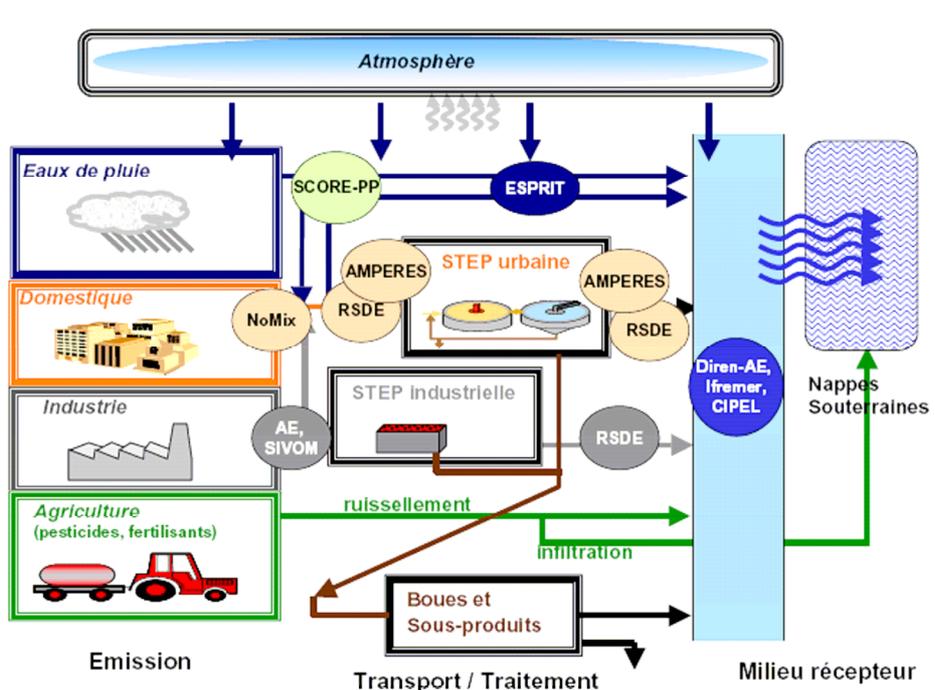


Figure 7 : Répartition des différents projets axés sur les substances dangereuses - Source : Axelera (RHODANOS).

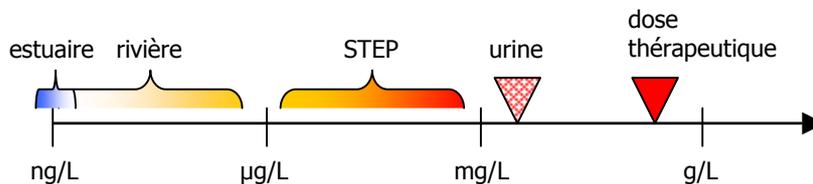
Etat du milieu

Malgré l'absence d'obligation de suivre les médicaments dans les eaux par les réglementations européenne et française, quelques campagnes de mesures ont été menées par différents organismes. Les premiers résultats ont confirmé la présence des substances pharmaceutiques dans le milieu aquatique et les sols.

Le **programme PIREN-Seine** a réalisé à travers plusieurs projets de recherche un état des lieux de la contamination de trois bassins versants pilotes que sont l'Orge, l'Orgeval et la Seine parisienne. Il a été, par exemple, retrouvé dans l'Orge des hormones estrogéniques provenant principalement des rejets de la station d'épuration de Briis-sous-Forges (MIEGE, 2007). Des investigations avec des méthodes intégratrices sont également programmées pour les années à venir afin d'évaluer les évolutions saisonnières et les effets de l'auto-épuration.

Sur la Seine, des taux de l'ordre de 100 ng/l de carbamazépine, un anticonvulsivant très persistant dans le milieu, ont été quantifiés (BUDZINSKI, 2006). Sur ce fleuve a également été relevé des taux importants de caféine, provenant principalement de la consommation de café. Néanmoins, si la forte dégradabilité de la caféine dans le milieu permet une dilution rapide, il n'en est pas de même pour la carbamazépine qui conserve une stabilité tout au long de l'estuaire.

D'une manière générale, l'échelle des teneurs en médicaments à usage humain retrouvée dans les eaux peut se résumer par le schéma suivant :



Traitement

Dans les stations d'épuration, les processus de biodégradation conduisent à des transformations très variables selon les molécules. Il n'y a donc actuellement peu de recul sur les travaux de recherche sur le sujet.

Les premiers résultats du **programme AMPERES** ont montré une grande variabilité du rendement épuratoire selon la molécule et le système de traitement employé, avec une bonne performance globale des procédés biologiques par rapport aux traitements physico-chimiques.

Par ailleurs, les processus d'élimination majoritaires sur ces molécules sont des mécanismes d'adsorption, d'où la présomption d'accumulation dans les boues urbaines. Ce volet reste encore trop rarement exploré, ce qui s'explique en premier lieu par les difficultés d'analyse de cette matrice complexe et variable.

Les premières données sur les programmes de recherche visant à mieux connaître la dégradation des substances émergentes dans les usines de traitement laissent apparaître en toile de fond une **difficulté méthodologique** liée à la disponibilité des molécules de référence. En effet, l'ensemble des produits de dégradation (métabolites) et des molécules mères devrait être pris en compte dans le suivi des effluents des stations de traitement afin de quantifier précisément leurs rendements épuratoires... ce qui est loin d'être fait à l'heure actuelle, faute de moyens techniques et financiers.



Impact environnemental

Il subsiste encore un certain nombre de lacunes dans la connaissance des mécanismes de transfert (sédimentation, dégradation, remise en suspension) et des effets de ces substances sur les organismes aquatiques d'eau douce et marins. Cette méconnaissance est principalement due à des difficultés méthodologiques et à la complexité des biotransformations intervenant dans leur processus d'élimination. De plus, les métabolites et produits de dégradation résultants peuvent avoir des réactivités différentes des molécules parentes.

Le devenir environnemental de ces molécules est donc conditionné par leurs propres propriétés physico-chimiques (solubilité, volatilité, stabilité...) ainsi que celles du milieu (pH, température, flore bactérienne, taux d'oxygène...).

Les principaux mécanismes naturels de dégradation de ces substances dans le milieu aquatique sont la biodégradation aérobie et anaérobie* et les processus abiotiques* (photodégradation, photolyse, hydrolyse, etc.). Ces processus sont variables d'une molécule à une autre. Par ailleurs, le devenir de celles-ci dans les sédiments reste encore très mal connu, d'autant qu'un bon nombre d'entre elles possèdent un coefficient de partage significatif. Or, cette matrice est loin d'être inerte et des réactions de métabolisation peuvent s'opérer par les microorganismes les colonisant.

La plupart de ces substances, du fait des faibles concentrations mises en cause, ne présente pas de danger léthal apparent pour les organismes aquatiques. Toutefois, certaines peuvent constituer des dangers écotoxiques sublétaux en réduisant l'activité biologique (reproduction, alimentation, locomotion), notamment les perturbateurs endocriniens qui peuvent avoir un impact sur le développement des organes génitaux (hermaphrodisme et féminisation des mâles) et réduire la fertilité.



Une autre préoccupation est l'usage intensif des antibiotiques, retrouvés dans les milieux aquatiques. Ceux-ci sont susceptibles de générer des problèmes de résistance en favorisant la pression de sélection de bactéries antibiorésistantes. Toutefois, les connaissances actuelles restent encore limitées pour faire un lien direct entre la présence de résidus d'antibiotiques dans les eaux et la présence de bactéries antibiorésistantes, qui reste un **phénomène naturel**.



Enfin, une étude conduite dans le cadre du premier Plan National Santé-Environnement a établi la présence de substances médicamenteuses dans les eaux potables en France, à des doses toutefois largement inférieures à celles utilisées dans le cadre thérapeutique (inférieures à la dizaine de ng/L). En l'état actuel des connaissances, le risque humain d'exposition aux substances pharmaceutiques par la consommation des eaux de boisson demeure très faible et ne permet pas de générer un effet biologique. Néanmoins, l'**effet potentiel synergique*** de ces produits est souvent négligé et la base d'études toxicologiques est limitée.

CONCLUSION

Il est désormais avéré que les milieux aquatiques anthropisés sont soumis à un cocktail de substances, que ce soient des plastifiants, des pesticides, des hydrocarbures, des solvants ou des résidus médicamenteux sous l'influence des rejets des stations d'épuration. Il s'agit là d'une contamination qui inquiète du fait de son aspect ubiquiste, persistant et insidieux. De plus, ces molécules étant très actives, leur efficacité ne nécessite que de très faibles doses, ce qui pose le problème de la fiabilité des techniques analytiques.

Bien qu'aucun objectif ou norme de qualité ne soit actuellement imposé par la DCE pour les substances pharmaceutiques, des interrogations *a priori* commencent de plus en plus à émerger afin d'anticiper, ou du moins de contrôler, les conséquences de cette contamination sur les écosystèmes aquatiques et la santé humaine. Ainsi, divers organismes de veille sanitaire travaillent à des campagnes d'évaluation des risques environnementaux. Par ailleurs, une des actions du Grenelle de l'environnement prévoit la maîtrise des risques liés aux résidus médicamenteux.

Les connaissances sur le devenir de ces substances dans les différents compartiments environnementaux restent encore à approfondir, tout comme leurs impacts sur les écosystèmes.

Dans l'optique d'une meilleure cohérence des actions, publiques ou privées, il devient indispensable d'élaborer une véritable **stratégie de surveillance** (choix des molécules et échantillonnage) reposant sur des scores d'exposition et de danger plutôt que sur des données de marché. L'établissement d'une liste prioritaire d'indicateurs doit à cette fin permettre de hiérarchiser et sélectionner les substances à même de présenter les plus forts risques pour l'homme et l'environnement.

L'effet sanitaire de ces mélanges complexes (phénomènes additifs, synergiques ou antagonistes) est par ailleurs une question qui reste encore éludée, tout comme les scénarios d'exposition dans l'environnement. Il est donc primordial de poursuivre l'effort de recherche afin d'évaluer de façon globale le risque pour l'homme et l'environnement, sans focaliser sur une substance particulière.

C'est une action affichée du deuxième PNSE, lancé pour la période 2009-2012, qui prévoit des mesures destinées à améliorer l'anticipation des risques liés aux substances les plus préoccupantes. Un rapport de l'AFSSA sur un « effet cocktail » des perturbateurs endocriniens devrait être rendu public en juillet.

Cette évaluation du risque doit se traduire par la découverte de **biomarqueurs*** pertinents, reflétant une exposition cumulée à ces substances. La plupart de ces indicateurs sont en phase de recherche et ne disposent pas encore de protocoles normalisés mais leur développement figure comme un des objectifs du nouveau **Pôle national en toxicologie et écotoxicologie** lancé en janvier 2009.

A titre d'exemple, une récente étude d'Adebiotech porte sur les technologies d'analyses disponibles et en développement pour détecter les polluants émergents dans l'eau, en se focalisant principalement sur les biotechnologies innovantes.



L'éclairage mis sur ces nouvelles pollutions ne doit pas conduire à un alarmisme disproportionné, d'autant qu'il est difficile d'aborder ce sujet de **manière objective**. Il convient néanmoins de ne pas minimiser ce phénomène, d'acquérir les connaissances nécessaires à une évaluation pertinente du risque et de développer les outils et méthodes nécessaires pour limiter leurs rejets dans l'environnement, à toutes les étapes du cycle de vie de ces produits.

L'enjeu futur vise donc à développer des **stratégies de contrôle et de réduction à la source** des substances émergentes. Par exemple, certains projets réfléchissent à des traitements séparés d'effluents, afin de concentrer la pollution d'une part et de réduire les volumes à traiter d'autre part.

Dans les prochaines années, le défi technologique du traitement de ces substances polluantes émergentes devra être relevé, et ceci à un coût acceptable, ce qui constitue le principal frein aujourd'hui. Il s'agit là d'un triple enjeu : environnemental, sanitaire et sociétal.

Toutefois, une action prioritaire et facilement réalisable à court terme reste la sensibilisation du public afin de réduire les mauvais usages, la surconsommation et la disposition inadéquate des produits pharmaceutiques.

Le lecteur intéressé pourra lire avec profit le rapport de l'Académie nationale de Pharmacie sur les médicaments et l'environnement, publié en septembre 2008 et abordant entre autre la contamination des milieux et l'évaluation des risques. Il est disponible en ligne à l'adresse :

www.acadpharm.org/medias/direct/1-Rapport-Med-Env-version-JMH-def-JPC

Par ailleurs, une présentation de ce rapport est faite dans l'émission Eclairage sur Canal Académie, radio académique sur Internet (www.canalacademie.com/Antibiotiques-et-pesticides-dans.html).

Yves LEVI et Jean-Marie HAGUENOER, respectivement membre et correspondant de l'Académie nationale de Pharmacie, interviewés par Elodie COURTEJOIE, débattent sur le sujet *Antibiotiques et pesticides dans les eaux : les risques à court et à moyen termes*.



A noter que cette problématique des substances émergentes est proche de celle d'autres substances à risques, comme les **nanomatériaux**. En effet, du fait de leurs petites tailles, ces particules sont très mobiles dans tous les compartiments environnementaux. L'expertise de l'AFSSET fait état d'une nanotoxicologie en construction.

Les eaux souterraines constituant un des réservoirs potentiels de la dispersion des nanoparticules dans l'environnement, l'INERIS a lancé le **projet AQUANANO** (2007-2010), qui a comme objectif l'identification des processus de transfert de ces nanoparticules (www.ineris.fr/aquanano/).

CONCLUSION

Les résultats d'analyses de 2007 confirment la dégradation des cours d'eau d'Ile-de-France par certains micropolluants. Ces contaminations, toxiques pour le milieu aquatique mais également dans certains cas pour l'Homme peuvent avoir plusieurs origines (ponctuelles, accidentelles, diffuses). Toutefois, **la prépondérance des apports diffus est notable**, que ce soit lié à la pratique d'usages quotidiens ou aux dépôts atmosphériques.

Parmi les principales substances à l'origine de déclassement, se retrouvent les métaux (pour l'essentiel cuivre, zinc, plomb et mercure), les herbicides (diuron et isoproturon) et les HAP d'origine pyrolytique (notamment le benzo(ghi)pérylène avec l'indéno(1,2,3-cd)pyrène). A noter que pour les HAP, la contamination de territoire est homogène, avec à la fois une altération de la qualité de l'eau et une imprégnation durable des sédiments. Ils sont les principaux responsables du déclassement de la qualité des masses d'eau à l'échelle nationale.

Il semble important de rappeler que l'historique des données sur la qualité du milieu pour ces substances porte essentiellement sur les sédiments. Les transferts sédimentaires sont encore trop méconnus pour laisser présager ou non un possible relargage de ces substances, et donc d'une contamination passive du milieu. Ces premières conclusions peuvent donc apparaître limitées du fait de la nouveauté du suivi sur eau de ces molécules.

La deuxième conclusion qui transparaît à la lecture des résultats est liée aux **fortes difficultés analytiques rencontrées** pour certaines substances. L'amélioration de la sensibilité des méthodes d'analyses devient indispensable pour pouvoir apprécier l'état chimique des masses d'eau au sens de la DCE. Les efforts de recherche s'axent sur une stratégie d'échantillonnage et une meilleure homogénéisation et robustesse des analyses, ainsi que sur la diversification des matrices d'analyse (notamment sur les sédiments et les boues de stations d'épuration).

Enfin, la problématique des substances dites en émergence soulève une multitude d'interrogations, dont le ressenti collectif est parfois difficile à distinguer d'une réalité plus objective. Les efforts de recherche sur le sujet permettent nonobstant de mieux caractériser l'ampleur de la contamination et les risques associés.

Bien que les préoccupations sur les conséquences de l'utilisation de ces substances commencent à se multiplier, les connaissances restent encore trop partielles dans certains domaines, notamment dans l'évaluation des impacts sur l'environnement et sur la santé humaine. C'est pourquoi **la prise en compte des risques environnementaux** lors de la fabrication de chaque produit est dorénavant imposée. Le règlement REACH devrait à terme renforcer cette nouvelle dimension de la lutte contre les toxiques.

Pour aller plus loin dans la connaissance des effets écotoxiques de toutes ces substances, l'Agence de l'eau Seine-Normandie a publié en octobre 2008 le **Guide pratique des substances toxiques dans les eaux douces et littorales du bassin Seine-Normandie**. Ce guide expose les principales familles de polluants persistants présents dans le bassin, en indiquant les origines, les effets sur l'homme et le milieu, les normes en vigueur et le niveau d'imprégnation atteints dans le bassin.



Les **logiques de territoire** ne s'appliquent plus, ce qui rend difficile la mise en place d'actions localisées. En outre, la connaissance des sources reste encore insuffisante au regard des données disponibles sur la contamination du milieu. Néanmoins, à l'instar du PIREN Seine, certains programmes de recherche orientent dorénavant leurs travaux sur l'identification des sources et l'étude des voies de transfert de ces polluants. Ainsi, le **programme européen SOCOPSE** (Source Control of Priority Substances in Europe), arrivant à son terme fin 2009, vise à qualifier les principales sources d'émissions des substances prioritaires (secteurs industriels, agricoles, énergétiques, transports et urbains). Il doit permettre d'être *in fine* un véritable outil d'aide à la décision dans la stratégie de lutte contre ces substances.

Des initiatives ont été portées depuis ces dernières années, que ce soit par exemple une meilleure gestion des eaux pluviales par les collectivités ou la mise en place de la gestion collective des Déchets Toxiques en Quantité Dispersées (DTQD), contractualisée notamment entre les Agences de l'eau et les professionnels (notamment l'artisanat et les PME/PMI). La régularisation des autorisations de rejets et des conventions de raccordement entre les communes et les industriels, ainsi que la dépollution des sites pollués abandonnés, sont par ailleurs renforcées.

Par ailleurs, ces objectifs de résultats de retour au bon état des milieux aquatiques via la réduction des rejets de substances dangereuses, ainsi que le manque de connaissances sur les impacts environnementaux et sanitaires de ces substances sont d'ores et déjà pris en compte dans le projet de loi de programmation du Grenelle de l'environnement : connaissance des effets, résorption des pollutions historiques, substitution de substances, PNSE 2, plan ECOPHYTO 2018, etc.



Le PNSE 2 prévoit notamment de réduire de 30% entre 2007 et 2013 les émissions, dans l'eau et dans l'air, du benzène, des HAP, des PCB et dioxines, de l'arsenic, du mercure et des solvants chlorés.

Toutefois, les prochaines années vont devoir mettre l'accent sur de nouveaux outils, qu'ils soient réglementaires par un encadrement renforcé des rejets ou techniques avec l'amélioration des traitements (développement des procédés épuratoires par adsorption) et la substitution des produits à la source (nécessitant de promouvoir la recherche et le développement).



Le **projet européen SCOREPP** (Source Control Options for Reducing Emissions of Priority Pollutants), centré sur les zones urbaines et le traitement des rejets, vise à développer des stratégies de contrôle à la source pour réduire les émissions de ces polluants.

Enfin, la communication sur le changement de certaines pratiques doit être poursuivie et encouragée, tout comme la sensibilisation des industriels aux risques accidentels. La promotion d'actions volontaires doit s'intensifier, à l'image du **projet PRERI** concernant la prévision des risques et la protection des prises d'eau de surface de l'agglomération parisienne et visant à protéger les champs captant vis-à-vis des pollutions accidentelles.



Le projet PRERI est une démarche volontaire engagée au niveau de la Seine parisienne par l'Agence de l'Eau Seine Normandie et des producteurs d'eau potable. Partant d'une approche sanitaire plutôt qu'environnementale, il vise à élargir la communication réservée aux propriétaires des parcelles concernées par les périmètres de protection des captages à l'ensemble des propriétaires figurant dans les périmètres du champ captant d'une prise d'eau.

Il reste important d'approfondir la connaissance et la surveillance du milieu, avec la définition de nouveaux indicateurs permettant de mettre en évidence les effets environnementaux et sanitaires de ces polluants (et mélange de polluants) et de mesurer les effets des nouveaux outils mis en place.

BIBLIOGRAPHIE

- ACADEMIE NATIONALE DE PHARMACIE – Médicaments et environnement. – septembre 2008, disponible en ligne sur www.acadpharm.org/medias/direct/1-Rapport-Med-Env-version-JMH-def-JPC.
- AGENCE DE L'EAU RHONE MEDITERRANEE CORSE – Guide Technique n°7 – Pollution toxique et écotoxicologie : notion de base – Novembre 2002.
- AGENCE DE L'EAU SEINE-NORMANDIE – Guide pratique des substances toxiques dans les eaux douces et littorales. – AQUASCOPE – Octobre 2008 – Editions AESN.
- BERTRAND-KRAJEWSKI J-L. – Projet ESPRIT : Evaluation des Substances Prioritaires dans les Rejets urbains de Temps de pluie – INSA Lyon – 3ème université d'été de l'environnement – 27 & 28 septembre 2007 à Lyon.
- BOTTA F., MOREAU-GUIGON E., LAVISON G., REYNIS E., FAUCHON N., GUERY B., BLANCHOUD H., CHEVREUIL M. – Etude de la contamination de l'Orge par les pesticides : mise en évidence de l'influence urbaine et des rejets de temps de pluie. – Rapport d'activité PIREN-Seine 2007.
- BOTTA F. et al. - Les pesticides dans le bassin de l'Orge : impact des rejets urbains sur la contamination des eaux de surface. – Rapport d'activité PIREN-Seine 2008.
- BRANCHEREAU V., FAUCHON N., THIBERT S. – Perturbateurs endocriniens et résidus médicamenteux dans les rivières d'Île-de-France. – Décembre 2006.
- BRGM, Agences de l'eau & Ministère de l'écologie – Identification des zones à risque de fond géochimique élevé en éléments traces dans les cours d'eau et les eaux souterraines. – Volume 3 Bassin Seine-Normandie, Réf : BRGM/RP-55346-FR, Juin 2007.
- BUDZINSKI H., TOGOLA A. – Présence des résidus de médicaments dans les différents compartiments du milieu aquatique. – Environnement, Risques & Santé. Volume 5, Numéro 4, Juillet-Août 2006.
- BUZIER R. – Les métaux biodisponibles dans les rejets urbains. – Thèse soutenue au CEMAGREF, Décembre 2005.
- CENTRE NATIONAL DE RECHERCHE SUR LES SITES ET SOLS POLLUES – Sites et sols pollués par les HAP : état des connaissances et besoins de recherches – CNRSSP/04/11, Novembre 2004.
- CHEBBO G. et GROMAIRE M-C – OPUR : l'observatoire des polluants urbains en Île-de-France – CERVEVE – Dossier de recherche de l'Ecole des ponts n°16 – Mars 2008.
- COQUERY M. – Projet Rhodanos : cas des substances prioritaires et émergentes (AMPERES) – CEMAGREF Lyon – UR Qualité des eaux et prévention des pollutions – Laboratoire d'analyses physico-chimiques des milieux aquatiques – Présentation POLLUTEC – 1^{er} décembre 2006.
- CORVAISIER N. – Les substances médicamenteuse rejetées dans les eaux usées urbaines : Synthèse bibliographique. – ENGREF Centre de Montpellier / OIE, Février 2000.
- DIREN D'ÎLE-DE-FRANCE – Info'toxiques n°1 : Etat de la contamination des eaux superficielles par les toxiques en région Île-de-France. – Service des Milieux Aquatiques, Novembre 2005.
- DIREN D'ÎLE-DE-FRANCE – La qualité des cours d'eau en Ile-de-France : évolution de la qualité des eaux superficielles sur la période 2001-2005. – Service de l'Eau et des Milieux Aquatiques, Octobre 2007.
- DIREN D'ÎLE-DE-FRANCE – Info phytos n°6 : état de la contamination des eaux superficielles en Ile-de-France par les produits phytosanitaires en 2006/2007. – Service de l'Eau et des Milieux Aquatiques, Novembre 2008.
- EURIN J., OLLIVON D., TIPHAGNE K. et CHEVREUIL M. – Contamination des eaux superficielles par les substances pharmaceutiques : diffusion d'antibiotiques par la médecine humaine et les activités d'élevage. – Laboratoire Hydrologie et Environnement EPHE/UMR Sisyphe 4.
- FERAUDET A. – Biotechnologies et Eau : détection des polluants émergents dans l'eau, état des lieux. – Adebiotech, Janvier 2009.
- GARRIC J., FERRARI B. – Les substances pharmaceutiques dans les milieux aquatiques. Niveaux d'exposition et effet biologique : que savons-nous ? – Revue des sciences de l'eau, vol. 18, n°3, 2005.

HELMER J-M. – Niveaux de rejet des stations d'épuration urbaines : contexte réglementaire, technique et organisationnel – CEMAGREF – Département Milieux aquatiques, qualité et rejets, Unité de recherche Hydrosystèmes et Bioprocédés (HBAN) – Mars 2008.

Index Phytosanitaire Acta 2008, 44^{ème} édition – Association de Coordination Technique Agricole, Paris 4^{ème} trimestre 2007.

INERIS – Les substances dangereuses pour le milieu aquatique dans les rejets industriels et urbains : Bilan de l'action nationale de recherche et de réduction des rejets de substances dangereuses dans l'eau par les installations classées et autres installations – Rapport d'étude – 15 janvier 2008.

LABADIE P., MOREAU-GUIGON E., DARGNAT C., TEIL M-J., BLANCHARD M., DESPORTES A., BOURGES C., CHEVREUIL M. – Caractérisation de la contamination de l'Orge et de la Seine par les retardateurs de flamme, les plastifiants et les hydrocarbures aromatiques polycycliques. – Rapport d'activité PIREN-Seine 2007.

LEVI Y. – Inquiétudes sur la présence d'antibiotiques et de bactéries antibiorésistantes dans les eaux. – Environnement, Risques & Santé. Volume 5, Numéro 4, 261-5, Juillet-Août 2006.

MARTIN S. – Les opérateurs de l'eau face aux micro-polluants (projet AMPERES) – CIRSEE, Suez-Environnement – Colloque « Parlons Techn'Eau » – 19 mars 2008.

MIEGE C., GABET V., COQUERY M. – Analyse de 5 hormones estrogéniques au niveau du bassin versant de l'Orge – Laboratoire des micropolluants organiques – Unité de recherche « Qualité des eaux et prévention des pollutions » – CEMAGREF Lyon – Rapport d'activité PIREN-Seine 2007.

PEPIN J-M – Impacts écotoxicologiques de certains médicaments dans l'environnement. – Université de Sherbrooke (Québec, Canada), Centre universitaire de formation en environnement, Mai 2006.

SANCHEZ W., PORCHER J-M., MALTRET P., MINIER C. – Recherche de perturbations endocriniennes sur les poissons du bassin versant de l'Orge. – Rapport d'activité PIREN-Seine 2007.

SCHÄFER R.B. et al. – Effects of pesticides on community structure and ecosystem functions in agricultural streams of three biogeographical regions in Europe. – Sci Total Environ (2007), [doi:10.1016/j.scitotenv.2007.04.040](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2007.04.040).

TAMTAM F., ALMAYRAC J-L., LEBOT B., MERCIER F., BREDELOUX M., DESPORTES A., EURIN J., CHEVREUIL M. – Les antibiotiques dans les eaux de surface : première évaluation de la contamination de la Seine et de rejets de stations d'épuration. – Rapport d'activité PIREN-Seine 2007.

TAMTAM F. et al. – Sources et devenir des antibiotiques dans le bassin versant de la Seine. – Rapport d'activité PIREN-Seine 2008.

THEVENOT D.R., LESTEL L., TUSSEAU-VUILLEMIN M-H., GONZALES J-L, MEYBECK M. – Les métaux dans le bassin de la Seine. – Collection du Programme PIREN-Seine / Agence de l'Eau Seine-Normandie, Fascicule #7, Juin 2009.

Colloque « Les perturbateurs endocriniens et la qualité des milieux aquatiques » du 23 octobre 2007, organisé par l'Agence de l'eau Artois-Picardie. L'ensemble des présentations est disponible sur le site de l'Agence de l'eau Artois-Picardie : www.eau-artois-picardie.fr/article.php3?id_article=2271.

Colloque « Résidus de médicaments dans l'eau : des molécules à surveiller ? des risques à évaluer ? » du 1^{er} octobre 2008, organisé par la Direction Générale de la Santé, l'AFSSA, l'AFSSAPS, l'Agence de l'eau Seine-Normandie et l'Université Paris Sud 11. Le résumé des interventions est disponible en ligne sur le site du ministère de la Santé, de la Jeunesse, des Sports et de la Vie associative : www.sante-jeunesse-sports.gouv.fr/actualite-presse/presse-sante/communiqués/residus-medicaments-eau.html.

Deuxième conférence Eau et Santé « Assainissement et micropolluants : Sources – Impacts – Maîtrise » du 9 octobre 2008, organisée par le Grand Lyon, l'ASTEE et le GRAIE. Les actes de cette conférence sont disponibles sur le site du GRAIE : www.graie.org/graie/graiedoc/JTSANTE/Actes_confEau&Sante2-9oct08_Villeurbanne.pdf.

Emission Eclairage sur Canal Académie proposée par Elodie COURTEJOIE avec Yves LEVI et Jean-Marie HAGUENOER – Antibiotiques et pesticides dans les eaux : les risques à court et à moyen termes. – Réf : ecl519, disponible en ligne sur www.canalacademie.com/Antibiotiques-et-pesticides-dans.html.

ABREVIATIONS

3RSDE : Recherche et Réduction des Rejets de Substances Dangereuses dans l'Eau

AFSSA : Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments

AFSSAPS : Agence Française de Sécurité Sanitaire des Produits de Santé.

AFSSET : Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail

AMPERES : Analyse de Micropolluants Prioritaires et Emergents dans les Rejets et les Eaux Superficielles

ANMV : Agence Nationale du Médicament Vétérinaire

AQUAREF : laboratoire national de référence pour la surveillance des milieux aquatiques

BRGM : Bureau de Recherches Géologiques et Minières

CEMAGREF : CEntre national du Machinisme Agricole, du Génie Rural, des Eaux et des Forêts

CMEO : Concentration Minimale avec Effet Observé

CNRS : Centre National de la Recherche Scientifique

DCE : Directive Cadre sur l'Eau

DDT : DichloroDiphénylTrichloroéthane

DEHP : Di (2-ethylhexyl) phtalate

DTQD : Déchets Toxiques en Quantité Dispersées

ENIMED : Effets Non Intentionnels des MEDicaments

ERAPharm : Environmental Risk Assessment of Pharmaceuticals

ERAVMIS : Environmental Risk Assessment of Veterinary Medicines In Sludge

ESPRIT : Evaluation des Substances Prioritaires dans les Rejets Inhérents au Temps de pluie

HAP : Hydrocarbure Aromatique Polycyclique

IARC : International Agency for Research on Cancer

ICPE : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement

IFREMER : Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer

INERIS : Institut National de l'Environnement industriel et des RISques

KNAPPE : Knowledge and Need Assessment on Pharmaceutical Products in Environmental waters

LEMA : Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques

LNE : Laboratoire National de métrologie et d'Essais

LQ : Limite de Quantification

MEDAD : Ministère de l'Écologie, du Développement et de l'Aménagement Durables.

MEEDDAT : Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire.

NQE : Norme de Qualité Environnementale

NQE_CMA : Norme de Qualité Environnementale exprimée en Concentration Maximale Admissible.

NQE_MA : Norme de Qualité Environnementale exprimée en valeur Moyenne Annuelle

NQEp : Norme de Qualité Environnementale provisoire

ONEMA : Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques

OPUR : Observatoire des Polluants Urbains

ORP : Observatoire des Résidus de Pesticides

PCB : Polychlorobiphényles

PEC : Predicted Environmental Concentration (concentration prévisible dans l'environnement)

PIRRP : Plan Interministériel de Réduction des Risques liés aux Pesticides

PNAR : Programme National d'Action de Réduction des substances dangereuses dans les milieux aquatiques

PNEC : Predicted No-Effect Concentration (concentration prévisible sans effet dans l'environnement)

PNRPE : Programme National de Recherche sur les Perturbateurs Endocriniens

PNSE : Plan National Santé Environnement

PNUE : Programme des Nations Unies pour l'Environnement

PRERI : PREvision des RISques et protection des prises d'eau de surface de l'agglomération parisienne

POP : Polluant Organique Persistant

RCB : Réseau Complémentaire de Bassin

RCS : Réseau de Contrôle de Surveillance

RCO : Réseau de Contrôle Opérationnel

REACH : Registration, Evaluation and Authorisation of Chemicals

RNB : Réseau National de Bassin

SCOREPP : Source Control Options for Reducing Emissions of Priority Pollutants

SDAGE : Schéma Directeur d'aménagement et de Gestion des Eaux

SEQ-Eau : Système d'Évaluation de la Qualité de l'eau des cours d'eau

SOCOPSE : SOurce COntrol of Priority Substances in Europe

SOeS : Service de l'Observation et des Statistiques

GLOSSAIRE

Adsorption : phénomène physico-chimique par lequel une espèce chimique peut s'accumuler à la surface d'un solide à son interface avec l'eau.

Bioaccumulation : phénomène par lequel des êtres vivants absorbent des substances naturellement présentes dans leur biotope ou des polluants et les accumulent dans leur organisme à des concentrations supérieures à celles du milieu naturel, directement à partir de l'eau (**bioconcentration**) ou indirectement à partir de leur nourriture (**bioamplification**).

Biodégradation aérobie / anaérobie : processus de dégradation par les micro-organismes se déroulant en présence / absence d'oxygène.

Biomarqueurs : ils permettent de mesurer les impacts dans les cellules et les tissus d'organismes, dits sentinelles, présents dans le milieu contaminé.

Biote : ensemble de plantes, micro-organismes et animaux colonisant un biotope (région ou secteur donné).

Chaîne trophique : ensemble de chaînes alimentaires reliées entre elles au sein d'un écosystème. Les polluants non ou peu biodégradables se concentrent au sommet de la chaîne, chez les prédateurs.

CE₅₀ : concentration efficace d'un polluant de l'air ou de l'eau, causant un effet toxique donné chez 50% des individus exposés, après un temps d'exposition normalisé.

CI₅₀ : concentration d'inhibition d'un polluant de l'air ou de l'eau qui, après un temps donné d'action, provoque une inhibition d'activité (motrice ou autre) chez 50% des individus faisant l'objet du bioessai.

CL₅₀ : concentration létale d'un polluant toxique de l'air ou de l'eau provoquant 50% de mortalité dans une population exposée.

Codification d'une directive : modification formelle visant à regrouper en un seul acte la directive d'origine et ses modifications successives, sans qu'il y ait de modification des dispositions de fond.

Coefficient de partage : le **coefficient de partage carbone organique/eau** (K_{oc}) donne une indication de la capacité de la molécule à être adsorbée sur la matière organique et les sédiments, plutôt que dans l'eau d'un milieu aquatique donné. Le **coefficient de partage n-octanol-eau** (K_{ow}) pour un composé organique correspond au rapport de concentration d'un composé organique dissous à saturation dans le n-octanol et dans l'eau. Il s'agit d'un indicateur d'hydrophilie d'une substance.

Diatomées : algues unicellulaires colonisant les milieux aquatiques.

Dissipation : ensemble des processus qui conduit à la diminution de la teneur d'une substance, sans préjuger de la nature des phénomènes. Elle est fondamentalement due à des phénomènes de dégradation et à des phénomènes de rétention non réversible, en particulier à la formation de résidus liés.

Ecotoxicité : toxicologie environnementale et ses répercussions sur les équilibres biologiques.

Effet synergique : phénomène par lequel les effets de plusieurs substances appliquées simultanément sont supérieurs à la somme de leurs effets individuels.

Fond géochimique : composition chimique naturelle d'une eau due à la nature des formations pédogologiques et géologiques de son bassin versant et de sa roche magasin dans le cas d'une nappe souterraine.

Lipophile : désigne toute substance présentant une affinité pour les graisses et donc facilement solubles dans celles-ci.

Masse d'eau : unité élémentaire d'étude et d'évaluation du bon état des milieux aquatiques.

Matrice : fraction physique de l'échantillon analysé (eau, sédiment, biote, etc.).

Métabolisation : processus de transformation de substances chimiques dans l'organisme vivant, sous l'action biologique d'agents.

Métabolite : produit de dégradation d'une substance active sous l'effet des composantes du milieu naturel.

Méthylation : processus chimique qui consiste à ajouter un ou plusieurs groupement(s) méthyle ($-CH_3$). De façon générale, la méthylation des métaux augmente la toxicité des composés.

Origine pétrogénique / pyrolytique des HAP : les premiers proviennent des dérivés pétroliers, les seconds sont issus des processus de combustion incomplète de la matière organique à haute température.

Perturbateur endocrinien : substance ou mélange exogène altérant les fonctions du système endocrinien et induisant des effets nocifs sur la santé d'un organisme, de ses descendants ou sous-populations, par le biais de leurs propriétés hormonales.

Pharmacovigilance : surveillance du risque de survenue d'effets indésirables de médicaments consécutifs à leur utilisation.

Photolyse : réaction physique dans laquelle un composé chimique est décomposé par la lumière.

Polluants Organiques Persistants : substances chimiques qui persistent dans l'environnement, s'accumulent dans les tissus des organismes vivants à travers la chaîne alimentaire, et présentent le risque d'entraîner des effets nuisibles pour la santé humaine et l'environnement.

Processus abiotique : processus écologique ne dépendant pas des êtres vivants, par exemple des processus physico-chimiques (température, pH, humidité, etc.).

Rhizosphère : volume de sol dans lequel l'effet de la croissance de la plante sur les autres organismes vivants, y compris les micro-organismes associés, est perceptible. L'effet rhizosphère désigne la forte densité de micro-organismes associés aux racines de plante.

Spéciation chimique : désigne l'ensemble des espèces chimiques sous lesquelles un élément se présente dans un environnement donné.

Substance émergente : substances sans réglementation particulière et non incluse dans des programmes de surveillance du milieu aquatique, identifiées à partir de l'examen de données écotoxicologiques et d'occurrence dans l'environnement.

Surfactant : tensioactif ou agent de surface présentant deux parties de polarité différente (amphiphile), l'une lipophile (qui retient les matières grasses) et l'autre hydrophile (miscible dans l'eau).

Tératogène : se dit de toute substance pouvant provoquer un développement anormal de l'embryon et conduisant par là même à des malformations.

ANNEXE 1 : SUBSTANCES IMPACTANT L'ETAT CHIMIQUE DES MASSES D'EAU

Substance	N° SANDRE	NQE-MA	NQE-CMA	LQ max pour la campagne 2007	Réglementation et usages	
Alachlore	1101	0,3	0,7	0,05	Usage interdit depuis juin 2008. Herbicide utilisé notamment dans les cultures de maïs et de soja.	
Anthracène	1458	0,1	0,4	0,01	Limitation des émissions. Sous-produit de la distillation du goudron de houille. Nombreux usages comme intermédiaire réactionnel pour la fabrication de teinture, de colorants, de peintures, de résines, comme produit de protection du bois, fongicide, insecticide.	
Atrazine	1107	0,6	2	0,03	Substance active totalement interdite en France depuis juillet 2003. Principal ancien usage comme herbicide en agriculture à 96 % (maïs).	
Benzène	1114	10	50	0,5	Molécule de base pour la chimie organique dans la fabrication de très nombreux produits de grande distribution, comme additif dans les carburants.	
Cadmium et ses composés	1388			1	Usage européen interdit depuis mi 2006 dans les équipements électriques et électroniques, les applications de coloration et de stabilisation de produits finis (PVC), le traitement de surface des produits métalliques dans certaines applications. Usage en déclin, principalement dans les piles et accumulateurs. Traitements possibles et substitution réalisée dans certains domaines (piles, etc.) mais inenvisageables dans d'autres (engrais, traitement de surface). Apports atmosphériques assez significatifs.	
(suivant les classes de dureté de l'eau)		<40mg CaCO ₃ /l	≤0,08			≤0,45
		40 à <50mg CaCO ₃ /l	0,08			0,45
		50 à <100mg CaCO ₃ /l	0,09			0,6
		100 à <200mg CaCO ₃ /l	0,15			0,9
		≥200mg CaCO ₃ /l	0,25	1,5		
Chlorfenvinphos	1464	0,1	0,3	0,05	Substance totalement interdite depuis fin 2007.	
Chloroalcanes C10-13	1955	0,4	1,4	n.m.	Mise sur le marché interdite depuis 2004 pour l'usinage des métaux ou le graissage du cuir excédant 1% des concentrations en paraffines chlorées à chaîne courte. Abandon d'utilisation dans plastifiants, peintures, produits d'étanchéité. Usages très fortement limités et impacts méconnus des produits de substitution.	
Chlorpyrifos (éthylchlorpyrifos)	1083	0,03	0,1	0,05	Restriction d'usages. Usage agricole prépondérant en arboriculture.	
DDT total	s.o.			0,1	Substance interdite dans la plupart des pays occidentaux. Utilisé comme intermédiaire dans la fabrication du dicofol.	
1,1,1-trichloro-2,2 bis (p-chlorophényl) éthane	1148	Σ=0,025	s.o.			
1,1,1-trichloro-2 (o-chlorophényl)-2-(p-chlorophényl) éthane	1147					
1,1 dichloro-2,2 bis (p-chlorophényl) éthylène	1146					
1,1-dichloro-2,2 bis (p-chlorophényl) éthane	1144					
para-para-DDT	1148	0,01	s.o.	0,025		
1,2-Dichloroéthane	1161	10	s.o.	0,5	Pas d'interdiction d'utilisation mais limitation réglementaire dans les émissions. Usage à 95% comme intermédiaire de synthèse du chlorure de vinyle, utilisé aussi dans la synthèse de solvants chlorés ou en tant que solvant chloré.	

Substance	N° SANDRE	NQE-MA	NQE-CMA	LQ max pour la campagne 2007	Réglementation et usages
Dichlorométhane	1168	20	s.o.	10	Interdiction de rejets dans les activités de nettoyage à sec et traitement des textiles. Limitation des rejets dans les activités de réparation et entretien des véhicules. Solvant chloré le plus utilisé. Usage en chimie et pharmacie, en décapage de peintures, en nettoyage et dégraissage des métaux et matériaux, dans les colles et adhésifs, les aérosols, les détachants textiles, etc. Voies de substitution peu envisageables.
Di(2-éthylhexyl)phtalate (DEHP)	1461	1,3	s.o.	n.m.	Usage interdit dans l'industrie des jouets (temporaire) et cosmétiques. Utilisé comme plastifiant dans l'industrie des polymères (PVC) et dans des produits spécifiques (peintures, encres, colles), antimoussant en papeterie.
Diphényléthers bromés					
Tri BDE 28	2920	Σ=0,0005	s.o.	n.m.	Interdiction de mise sur le marché en France depuis 2004 et interdiction de pratiquement tous les usages en 2006. Usage en forte décroissance du fait de l'utilisation de produits de substitution.
Tétra BDE 47	2919				
Penta BDE 99	2916				
Penta BDE 100	2915				
Hexa BDE 153	2912				
Hexa BDE 154	2911				
Diuron	1177	0,2	1,8	0,05	Usage interdit depuis fin 2008. Herbicide agissant sur la photosynthèse. Quelques usages en tant qu'antialgues et algicide dans la construction.
Endosulfan	1743= 1178+1179	0,005	0,01	0,1	Substance active interdite depuis juin 2007.
Fluoranthène	1191	0,1	1	0,01	Pas d'interdiction d'utilisation mais limitation réglementaire dans les émissions. Un des HAP les plus présents dans l'environnement. Anciens usages comme revêtement de protection des cuves et des réseaux en acier d'eau potable, comme intermédiaire dans la fabrication des teintures, dans la fabrication des huiles diélectriques et des colles époxy. Rejets atmosphériques comme principale source d'émission ainsi que les rejets de lixiviation des aires de stockage de charbon, des usines de traitement de bois, etc.
Hexachlorobenzène	1199	0,01	0,05	0,1	Interdit en France depuis 1988. Ancien usage dans les fongicides.
Hexachlorobutadiène	1652	0,1	0,6	0,5	Sous-produit de la fabrication ou de la régénération des solvants chlorés.
Hexachlorocyclohexane	5537= 1200+1201+ 1202+1203	0,02	0,04	0,14	Utilisation interdite en France depuis 1988. Usage du lindane interdit sauf pour quelques produits particuliers (antiparasitaires).
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)	s.o.	s.o.	s.o.		
Benzo(a)pyrène	1115	0,05	0,1	0,01	Molécules synthétisées dans les formations d'énergie fossile (pétrole et charbon) et dans les combustions incomplètes d'origines domestique ou industrielle. Sources urbaines très prépondérantes (installations de combustion).
Benzo(b)fluoranthène	1116	Σ=0,03	s.o.	0,02	
Benzo(k)fluoranthène	1117				
Benzo(g,h,i)perylène	1118				
Indeno(1,2,3-cd)pyrène	1204	Σ=0,002	s.o.	0,02	

Substance	N° SANDRE	NQE-MA	NQE-CMA	LQ max pour la campagne 2007	Réglementation et usages
Isoproturon	1208	0,3	1	0,05	Limitation d'usage. Utilisé seul dans le cadre des cultures de blé, orge, etc. ou en mélange. Substitutions envisageables mais pas toujours viables.
Mercure et ses composés	1387	0,05	0,07	0,5	Nombreuses réglementations nationales et européennes. Restriction ou interdiction d'usage dans les piles et accumulateurs, équipements électriques et électroniques, emballages, ventes de substances dangereuses, phytosanitaires, biocides, cosmétiques. Présent dans les batteries, les stocks de thermomètres à Hg, les amalgames dentaires, les lampes fluorescentes, l'industrie du chlore ou dans la chimie, les installations de combustion, les stocks (déchets, etc.) et dans les émissions atmosphériques.
Naphthalène	1517	2,4	s.o.	0,01	Pas d'interdiction d'utilisation mais limitation réglementaire dans les émissions. Constituant du goudron de houille et du pétrole brut. Utilisé pour la fabrication d'anhydride phtalique (phtalates), de naphthalène sulfonate (tensio-actifs), de créosote en synthèse chimique, utilisé comme insecticide, fongicide, pour le tannage du cuir, dans les plastifiants, teintures, résines, etc.
Nickel et ses composés	1386	20	s.o.	10	Limitation des rejets. Utilisation très diversifiée et répandue, essentiellement sous forme d'alliage.
Nonylphénol (4-nonylphénol)	5474	0,3	2	n.m.	Interdiction d'usage en 2005 dans les produits de nettoyage domestique, industriel, dans le traitement des textiles, le papier, les pesticides, les usinages métaux... Usages essentiels en tant que tensio-actifs avec difficulté de substitution dans les détergents industriels.
Octylphénol (4-(1,1', 3,3' - tétraméthylbutyl)-phénol)	1959	0,1	s.o.	n.m.	Suppression des rejets et pertes en 2020 (convention OSPAR). Présence dans le nonylphénol commercial d'où impact des réglementations des nonylphénols sur les octylphénols. Usage comme tensio-actif non ionique, intermédiaire réactionnel, émulsifiant pour polymères.
Pentachlorobenzène	1888	0,007	s.o.	0,1	Anciens usages supposés comme fongicide ou retardateur de flamme. Produits de dégradation de l'hexachlorobenzène.
Pentachlorophénol	1235	0,4	1	0,05	Substance interdite dans les produits de grande consommation depuis 1992. Usage interdit en tant que produit phytosanitaire (2003) et pour le traitement du bois, l'imprégnation de fibres et textiles lourds spécifiques (2008). Interdiction dans toute préparation mise sur le marché à des concentrations excédant 0,1% depuis 2009.
Pesticides cyclodiènes					
	Aldrine	1103			
	Dieldrine	1173	Σ=0,01	0,115	Usage totalement interdit depuis 1994.
	Endrine	1181			
	Isodrine	1207			
Plomb et ses composés	1382	7,2	s.o.	10	Plusieurs interdictions d'utilisation dans les équipements électriques et électroniques (hors tubes cathodiques et fluorescents, soudures et certains alliages), dans les véhicules, l'essence, les peintures et dans les canalisations. Usage dans les batteries, certains pigments, munitions, l'industrie du verre et de la céramique, les produits laminés, etc.

Substance	N° SANDRE	NQE-MA	NQE-CMA	LQ max pour la campagne 2007	Réglementation et usages
Simazine	1263	1	4	0,045	Substance active totalement interdite en France depuis juillet 2003. Substitutions effectuées, notamment par le glyphosate.
Tétrachloroéthylène	1272	10	s.o.	0,5	Pas d'interdiction d'utilisation mais limitation réglementaire dans les émissions. Usage principal dans le textile et le nettoyage à sec, en tant que solvant, décapant peintures, dans le dégraissage des pièces métalliques.
Tétrachlorure de carbone	1276	12	s.o.	0,5	Production et usage interdits en Europe depuis 1994 sauf dérogation (solvant en spectroscopie). Produit dans la chimie du chlore à partir du méthane ou du méthanol notamment. Principalement utilisé comme intermédiaire réactionnel en chimie, comme fluide réfrigérant, comme solvant.
Composés du tributylétain (tributylétain-cation)	2879	0,0002	0,0015	0,1	Usages interdits partiellement en 2003 (produits de revêtement des navires, de préservation du bois) et en voie d'interdiction totale.
Trichlorobenzènes	1774=1283+1630+1629	0,4	s.o.	3	Quasi interdiction par décret en 2007 de mise sur le marché ou d'utilisation de la substance dans des préparations. Anciens usages comme intermédiaire réactionnel (herbicide, pigment, teinture), comme agent de teinture ou solvant. Possible synthèse lors de la combustion de produits organiques en présence de chlore.
Trichloroéthylène	1286	10	s.o.	0,5	Pas d'interdiction d'utilisation mais limitation réglementaire dans les émissions. Usage en baisse dans les ateliers mécaniques pour le dégraissage des pièces métalliques. Usage en tant que solvant, et anciennement pour le nettoyage à sec.
Trichlorométhane (Chloroforme)	1135	2,5	s.o.	0,5	Limitation de fabrication ou d'usages comme anesthésiant. Molécule synthétisée "naturellement" ou industriellement, volontairement ou involontairement dans les circuits de désinfection des eaux. Principalement utilisé comme réactif dans la fabrication du chlorodifluorométhane. 90% des voies d'émissions sont naturelles.
Trifluraline	1289	0,03	s.o.	0,05	Usage interdit depuis fin 2008. Herbicide essentiellement utilisé sur les cultures céréalières et légumières.

Les NQE indiquées [Moyenne Annuelle (MA) et Concentration Maximale Admissible (CMA)] correspondent aux seuils pour les eaux de surfaces intérieures, exprimées en µg/l. Certaines NQE_CMA sont sans objet (s.o.).

Les substances en fond jaune correspondent aux 13 substances dangereuses prioritaires.

Les bruits de fond naturels métalliques estimés pour le bassin de la Seine (données PIREN Seine) sont :

- ❑ 0,01 µg/l pour le cadmium ;
- ❑ 0,93 µg/l pour le plomb ;
- ❑ 1,9 µg/l pour le nickel ;
- ❑ non disponible pour le mercure.

ANNEXE 2 : POLLUANTS SPECIFIQUES IMPACTANT L'ETAT ECOLOGIQUE DES MASSES D'EAU

Substance	N° SANDRE	NQE-MA	LQ max pour la campagne 2007	Réglementation et usages
<i>Polluants spécifiques non synthétiques</i>				
Arsenic*	1369	4,2+bf _g	5	Utilisation interdite dans les produits agricoles. Naturellement présent dans la croûte terrestre, il est utilisé dans la fabrication des produits de préservation du bois, le verre, les semi-conducteurs et les alliages non ferreux. Rejets principaux par les fonderies de cuivre, de zinc et de plomb et lors de la combustion de produits fossiles (charbons, pétroles, huiles).
Chrome*	1389	3,4+bf _g	10	Il entre dans la composition d'aciers inoxydables, d'aciers spéciaux et d'alliages. Il améliore la dureté des métaux et leur résistance à la corrosion. Ses dérivés salins sont utilisés pour la fabrication d'autres composés chromés qui servent à la fabrication de produits de conservation du bois, des vitamines K, de la cire, pour la finition de l'état de surface des métaux, de pigments, de catalyseurs, etc. La faible fraction soluble se propage en profondeur vers les eaux souterraines.
Cuivre*	1392	1,4+bf _g	50	Un des métaux les plus utilisés du fait de sa conductibilité électrique et thermique. Usage dans la fabrication d'alliages (bronze, laiton, etc.), de matériels électriques, dans les équipements industriels, etc. Les principales sources anthropiques sont l'industrie des métaux, du bois, l'incinération des ordures ménagères, la combustion de charbon et d'essence et la fabrication de fertilisants.
Zinc*	1383	Dureté ≤ 24 mgCaCO ₃ /l : 3,1+bf _g Dureté > 24 mgCaCO ₃ /l : 7,8+bf _g	50	Emis par les activités minières et industrielles : galvanisation du fer, construction de toiture, fabrication de gouttières, pigments, matières plastiques, caoutchouc, alliages, etc. Présent en agriculture dans l'alimentation des animaux (se retrouve ensuite dans les lisiers). Emissions urbaines : érosion des toitures et gouttières, trafic routier (usure des pneumatiques), glissière de sécurité, poussières d'incinération des ordures, etc.
<i>Polluants spécifiques synthétiques</i>				
2,4 D (sel de diméthylamine)	1141	1,5	0,05	Expiration de l'inscription à la directive 91/414 à compter du 30 septembre 2012. Herbicide auxinique à usages variés : agriculture, collectivités et jardins.
2,4 MCPA	1212	0,1	0,05	Expiration de l'inscription à la directive 91/414 à compter du 30 avril 2016. Herbicide auxinique à usage important en grande culture.
Chlortoluron	1136	5	0,05	Expiration de l'inscription à la directive 91/414 à compter du 28 février 2016. Usage exclusif pour l'agriculture des céréales.
Oxadiazon	1667	0,75	0,05	Expiration de l'inscription à la directive 91/414 à compter du 31 décembre 2018. Herbicide utilisé de façon importante en milieu urbain.
Linuron	1209	1	0,05	Expiration de l'inscription à la directive 91/414 à compter du 31 décembre 2013. Nombreux usages, essentiellement comme protection de plantes potagères.

* Ces normes s'ajoutent au bruit de fond géochimique (bf_g) local.

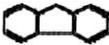
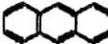
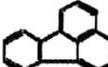
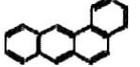
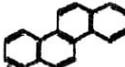
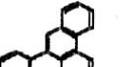
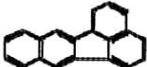
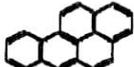
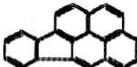
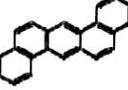
Le bruit de fond naturel du cuivre a été estimé pour le bassin de la Seine (donnée PIREN Seine) à 0,08 µg/l.

ANNEXE 3 : GRILLE SEQ-EAU SUR SEDIMENTS

	BLEU	VERT	JAUNE	ORANGE	ROUGE
MICROPOLLUANTS MINERAUX					
Arsenic (µg/g)	0,9	9	33		
Cadmium (µg/g)	0,1	1	5		
Chrome total (µg/g)	4,3	43	110		
Cuivre (µg/g)	3,1	31	140		
Mercure (µg/g)	0,02	0,2	1		
Nickel (µg/g)	2,2	22	48		
Plomb (µg/g)	3,5	35	120		
Zinc (µg/g)	12	120	450		
HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES					
Benzo(a)pyrène (µg/kg)	0,5	5	50	750	
Dibenzo(a,h)anthracène (µg/kg)	0,5	5	50	750	
Acénaphène (µg/kg)	5	50	500	7500	
Acénaphylène (µg/kg)	5	50	500	7500	
Anthracène (µg/kg)	5	50	500	7500	
Benzo(a)anthracène (µg/kg)	5	50	500	7500	
Benzo(b)fluoranthène (µg/kg)	5	50	500	7500	
Benzo(ghi)pérylène (µg/kg)	5	50	500	7500	
Benzo(k)fluoranthène (µg/kg)	5	50	500	7500	
Chrysène (µg/kg)	5	50	500	7500	
Fluoranthène (µg/kg)	5	50	500	7500	
Fluorène (µg/kg)	5	50	500	7500	
Indéno(1,2,3-cd)pyrène (µg/kg)	5	50	500	7500	
Naphtalène (µg/kg)	5	50	500	7500	
Phénanthrène (µg/kg)	5	50	500	7500	
Pyrène (µg/kg)	5	50	500	7500	
POLYCHLOROBIPHENYLES					
PCB somme(7)* (µg/kg)	6	60	670		

*Le PCB somme (7) correspond à la somme des congénères 28, 52, 101, 118, 138, 153 et 180.

ANNEXE 4 : CARACTERISTIQUES PHYSICO-CIMIQUES DES HAP

Composé (n° CAS)	Structure chimique	Formule brute	Masse moléculaire	Solubilité dans l'eau à 25°C (mg/L)	Point de fusion (°C)	Log Kow
Naphtalène (81-20-3)		C ₁₀ H ₈	128.17	31.7	80.5	-
Acénaphène (83-32-9)		C ₁₂ H ₁₀	154.21	1,93	95	3,58
Fluorène (86-73-7)		C ₁₃ H ₁₀	166.22	1,98	116.5	4,18
Anthracène (120-12-7)		C ₁₄ H ₁₀	178.23	0,076	218	4,45
Phénanthrène (85-01-8)		C ₁₄ H ₁₀	178.23	1.29	101	4,45
Fluoranthène (206-44-0)		C ₁₆ H ₁₀	202.26	0.26	111	4,9
Pyrène (129-00-0)		C ₁₆ H ₁₀	202.26	0,135	156	4,88
Benzo(a)anthracène (56-66-3)		C ₁₈ H ₁₂	228.29	0,01	158	5,61
Chrysène (218-01-9)		C ₁₈ H ₁₂	228.29	0.0028	255	5,16
Benzo(b)fluoranthène (205-99-2)		C ₂₀ H ₁₂	252.32	0,0012	188	6,04
Benzo(k)fluoranthène (207-08-9)		C ₂₀ H ₁₂	252.32	0,00076	217	6,06
Benzo(a)pyrène (50-32-8)		C ₂₀ H ₁₂	252.32	0,0023	179	6,06
Benzo(g,h,i)pérylène (191-24-2)		C ₂₂ H ₁₂	276.34	0,00026	273	6,5
Indéno(1,2,3-cd)pyrène (193-39-5)		C ₂₂ H ₁₂	276.34	0.0005	164	6,58
Dibenzo(a,h)anthracène (53-70-3)		C ₂₂ H ₁₄	278.35	0.0005	266	6,84

ANNEXE 5 : PROGRAMMES ET TRAVAUX DE RECHERCHE SUR LES SUBSTANCES DANGEREUSES ET EMERGENTES

Le comportement et l'effet des médicaments dans l'environnement ont été étudiés à travers plusieurs programmes de recherche de l'Union Européenne :

- le **programme REMPHARMAWATER** (2000-2003), en partenariat avec le CEMAGREF de Lyon, s'est intéressé à l'évaluation écotoxicologique et aux techniques d'élimination des médicaments dans les eaux usées ;
- le **projet POSEIDON** (2001-2004), avec la participation de CIRCEE-ONDEO, a permis de dresser un premier bilan sur les techniques d'élimination des médicaments et des produits d'hygiène dans les eaux potables et usées (poseidon.bafg.de/servlet/is/2884/) ;
- le **programme ERAVMIS** (2000-2003) dont la finalité était d'évaluer les risques environnementaux liés à la présence de médicaments vétérinaires dans les eaux usées ;
- le **programme ERAPharm** (2004-2007) visait à améliorer les connaissances existantes et à compléter les procédures pour l'évaluation du risque environnemental des produits pharmaceutiques à usage humain et vétérinaire (www.erapharm.org/).

D'autres projets viennent compléter les connaissances encore partielles sur ce sujet :

- le **projet MEDIFLUX** (2007-2010), porté par la Faculté de Pharmacie Paris XI, se focalise sur l'impact des rejets hospitaliers, à travers la modélisation des flux de médicaments dans les effluents liquides des hôpitaux (notamment les anticancéreux). Il a permis d'estimer à 20% la part des rejets hospitaliers par rapport au flux global de substances pharmaceutiques. Il faut savoir qu'à l'heure actuelle, seuls les effluents radioactifs font l'objet d'une obligation de traitement des rejets hospitaliers ;
- le **programme ENIMED** (Effet Non Intentionnel des MEDicaments) a comme objectifs l'identification et la quantification des substances pharmaceutiques représentatives dans les stations d'épuration et l'évaluation de leurs effets potentiels sur les organismes aquatiques ;
- le **projet EU NORMAN** (2005-2008) a permis la création d'un réseau de référence en fédérant des laboratoires, centres de recherche et organismes associés européens pour la surveillance des polluants émergents. Trois bases de données ont ainsi été créées (www.emerging-pollutants.net) ;
- le **projet KNAPPE** (2007-2008) avait pour objectif d'identifier des actions prioritaires à mener en matière de recherche et de développement pour limiter les impacts des médicaments humains dans l'eau (www.knappe-eu.org/). Un nouveau programme sur deux ans, lancé en 2009, vise à créer un réseau permanent ;
- Le **programme NEPTUNE** (2006-2010, www.eu-neptune.org) est un projet de recherche communautaire sur les capacités de traitement des polluants par les stations d'épuration. Il vise à évaluer les différentes technologies disponibles et les conséquences de certains traitements sur la formation de produits de dégradation parfois plus dangereux que les substances mères. La stratégie proposée par ce projet de recherche est de coupler un traitement sur charbon actif avec une ozonation ;
- le **programme AMPERES** (Analyse de Micropolluants Prioritaires et Emergents dans les Rejets et les Eaux Superficielles), porté par le CEMAGREF et Suez Environnement – CIRSEE sur la période 2006-2009 a comme ambition de quantifier des micropolluants dans les eaux usées domestiques et d'évaluer l'efficacité de leur élimination par les différentes filières d'épuration. Il doit valider des méthodes d'analyses dans les matrices complexes (eaux résiduaires, boues, matières en suspension) pour ces substances ainsi que des méthodes multi-résidus.

Le **projet de recherche européen AQUAREHAB** (2010-2014) sur les technologies innovantes de réhabilitation des eaux fortement dégradées par les substances prioritaires s'inscrit dans la continuité du **programme SOCOPSE** (Source Control of Priority Substances in Europe ; 2006-2009) qui visait à qualifier les principales sources d'émissions des substances prioritaires.

Un programme traite spécifiquement des perturbateurs endocriniens, le **Programme National de Recherche sur les Perturbateurs Endocriniens** qui, depuis 2005, regroupe sept projets de recherche. Ceux-ci sont axés sur les méthodologies de criblage, les mécanismes d'action, la recherche de biomarqueurs d'effets, le devenir dans l'organisme et dans les milieux des perturbateurs endocriniens, l'identification des dangers, l'évaluation des risques et la surveillance de l'environnement.

Enfin, il existe plusieurs programmes de recherche concernant spécifiquement les rejets d'eaux pluviales. En effet, ces eaux font encore l'objet de fortes inconnues pour de nombreux micropolluants, seuls les rejets de HAP et de quelques métaux étant documentés à l'heure actuelle.

- dans le cadre du projet RHODANOS sur la gestion des eaux urbaines par temps de pluie au niveau du grand Lyon, le **programme ESPRIT** (Evaluation des Substances Prioritaires dans les Rejets Inhérents au Temps de pluie) vise à établir une première base de connaissance sur les sources et la quantification des substances en fonction des types de pluies et de systèmes d'assainissement. Il doit également permettre d'évaluer différentes stratégies de gestion et solutions de traitement des micropolluants. Ce projet, commencé en 2007, doit finir en 2009 et est piloté par l'Institut National des Sciences Appliquées (INSA) Lyon.
- le **projet ECOPLUIES**, piloté par INSAVALOR (filiale de l'INSA de Lyon), vise à développer les techniques alternatives de traitement des eaux pluviales au travers d'ouvrages d'infiltrations urbains qui minimisent les émissions dans les différents milieux.
- le **programme de recherche OPUR** (Observatoire des Polluants Urbains), mis en place en 1994 par le CEREVER (Centre d'Enseignement et de Recherche Eau Ville Environnement), est un site atelier en Ile-de-France dans le domaine de l'hydrologie urbaine. Il a pour objectifs d'améliorer les connaissances sur la genèse, le transport et la gestion des polluants véhiculés par temps sec et par temps de pluie dans les réseaux d'assainissement. Les deux premières phases du programme (1994 à 2000 et 2001 à 2006) se sont appuyées sur le site de la Ville de Paris. Elles ont permis d'étudier les polluants dans les zones urbaines denses, drainées par des réseaux d'assainissement unitaires. La troisième phase d'OPUR, démarrée en 2007, permet d'analyser les polluants dans des zones drainées par des réseaux séparatifs et présentant différents types d'urbanisation. Ce programme a permis de déterminer les caractéristiques des flux polluants dans les eaux pluviales et leurs liens avec la teneur en matières en suspension. La suite de ce programme vise à étudier les sources d'émissions de ces polluants et acquérir des connaissances sur les capacités d'abattement des traitements curatifs.



Les données présentées dans ce document sont collectées sous maîtrise d'ouvrage de l'Agence de l'Eau Seine-Normandie.



Direction régionale de l'environnement
79, rue Benoît Malon
94254 GENTILLY Cedex

Service de l'Eau et des Milieux Aquatiques
Rédaction : Johan LAVIELLE
© juillet 2009 – DIREN ILE-DE-FRANCE – Tous droits réservés

Document téléchargeable sur le site Internet de la DIREN à l'adresse suivante :
<http://www.ile-de-france.ecologie.gouv.fr>