

Les actions de soutien de l'AFB à la recherche sur la pollution des milieux aquatiques par les résidus des produits de soins : médicaments, biocides d'hygiène sanitaire et cosmétiques

PIERRE-FRANÇOIS STAUB
Agence française de la
biodiversité, DREC
5, square Nadar
94300 Vincennes
France
< pierre-francois.staub@
afbiodiversite.fr >

Tirés à part :
P-F. Staub

Résumé. La présente synthèse s'attache à un tour d'horizon des différentes actions soutenues ces dernières années par l'Agence française pour la biodiversité (AFB) au travers de ses partenariats de recherche pour améliorer et valoriser les connaissances relatives à la présence des résidus des produits de soin dans les milieux aquatiques, ou s'agissant des méthodes et solutions envisageables pour réduire ces contaminations. Ces multiples actions concernent, ou ont concerné, l'appréciation de l'exposition des écosystèmes aquatiques, la compréhension des modalités de transfert des polluants depuis les sources vers les milieux, les techniques de détection de ces résidus, et les stratégies de gestion au niveau des collectivités urbaines : depuis les leviers potentiels de modification de l'usage des produits jusqu'à l'exploration des performances de solutions innovantes en matière de traitement des effluents d'assainissement.

Mots clés : désinfectants ; pollution de l'eau ; produits domestiques ; résidus de médicaments.

Abstract

Initiatives of the AFB to support research on aquatic environment contamination by drug and personal-care product residues: pharmaceuticals, healthcare biocides and personal-care products

This paper reviews various initiatives supported in recent years by the French agency for biodiversity, through its different research partnerships and aimed at improving and promoting knowledge of health-product residues in water environments and examining potential methods and solutions to reduce this contamination. These various actions have included assessing the exposure of aquatic ecosystems, understanding pollution transfer patterns, studying detection techniques for these residues, and examining management strategies at the urban community level; they have ranged from identifying potential ways of changing product usage, to exploring innovative wastewater treatment solutions.

Key words: biocides; drug residues; household products; water pollution.

Article reçu le 28 mars 2017,
accepté le 26 juillet 2017

Pour citer cet article : Staub PF. Les actions de soutien de l'AFB à la recherche sur la pollution des milieux aquatiques par les résidus des produits de soins : médicaments, biocides d'hygiène sanitaire et cosmétiques. *Environ Risque Sante* 2018 ; 17(S1) : 84-99. doi : 10.1684/ers.2017.1070

doi: 10.1684/ers.2017.1070

Cadre d'intervention de l'Onema et de l'AFB sur les résidus aquatiques des produits de soin

L'Office national de l'eau et des milieux aquatiques (Onema) était un établissement public créé par la loi sur l'eau de 2006. Cet établissement a été dissous le 1^{er} janvier 2017 et intégré au sein de la nouvelle Agence française pour la biodiversité (AFB), créée par la loi pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages du 8 août 2016. L'AFB, sous tutelle du ministère de la Transition écologique et solidaire, a pour feuille de route fondamentale la Stratégie nationale de la biodiversité¹ (SNB) et la concrétisation de l'engagement français au titre de la Convention internationale sur la diversité biologique, ratifiée par la France en 1994. L'un des objectifs majeurs affichés par la SNB 2011-2020 (objectif n° 6) est la préservation et la restauration des écosystèmes et de leur fonctionnement. En la matière, et s'agissant plus particulièrement des écosystèmes aquatiques, la loi confère à l'AFB un rôle d'appui à la gestion équilibrée et durable de la ressource en eau², incluant la lutte contre toute forme de pollution³. Ce rôle d'appui s'exerce notamment au travers de ses missions de conduite et de soutien de programmes d'études et de prospective, dans la continuité des activités antérieures de l'Onema.

L'impulsion la plus large pour la mise en œuvre de politiques de lutte contre les pollutions aquatiques est, depuis 2000, la directive européenne cadre sur l'eau (directive 2000/60/CE - DCE). Elle impose aux États membres une gestion planifiée du bon état des masses d'eau par des grands districts hydrographiques, avec un accent mis sur certains contaminants chimiques dont les concentrations dans les milieux aquatiques ne doivent pas dépasser des normes de qualité environnementales (NQE), établies réglementairement, afin de préserver à la fois les écosystèmes et les services rendus par les ressources en eau, ces derniers comprenant l'adduction d'eaux destinées à la consommation humaine, ou l'impact potentiel sur les produits de l'aquaculture et de la pêche. La vérification du respect des NQE s'effectue sur un réseau de stations de contrôle de

surveillance et d'opérations, géré par les agences de bassins⁴, le programme de ces surveillances devant être renouvelé à chaque cycle de gestion (six ans). Ce renouvellement s'effectue notamment sur la base des connaissances acquises par des études et recherches prospectives, en termes de nouveaux contaminants détectés ou de développements de nouveaux outils de détection.

Les molécules actives contenues dans les produits de soin présentent par définition des potentialités importantes d'action sur le vivant, avec des effets avérés ou potentiels sur les organismes non cibles, sur l'équilibre des écosystèmes exposés à leurs résidus⁵ transférés vers les milieux récepteurs, voire aussi des effets en amont sur les matrices microbiennes actives au sein des stations d'assainissement des eaux usées (STEU). Ces considérations, ajoutées aux progrès de la chimie analytique depuis le début des années 2000, ont amené les pouvoirs publics à identifier le problème des résidus de médicaments dans les eaux dès le Grenelle de l'environnement⁶, et à le porter en 2011 au sein d'un plan national dédié⁷ piloté conjointement par les ministères chargés de la Santé et de l'Environnement. Parallèlement, un autre plan national plus général dédié à la lutte contre les micropolluants⁸, reconduit récemment pour la période 2016-2021⁹, a promu au rang de priorités fédératrices un certain nombre d'activités d'acquisition de connaissances sur les résidus issus des produits de soin, dont une bonne part avait déjà pris forme au travers des partenariats de l'Onema avec des établissements publics de recherches nationaux tels que le Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM), l'Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (Ifremer), l'Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris), l'Institut national de recherche agronomique (Inra), l'Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture (Irstea), le Laboratoire

⁴ Le rôle de ces agences est décrit sur <http://www.lesagencesde-leau.fr/>.

⁵ Au sein de cet article la notion de « résidus » comprend à la fois les molécules actives des produits et les molécules issues de la transformation des précédentes lors du transfert vers l'environnement.

⁶ Le rappel du contenu de ce dispositif est disponible sur https://fr.wikipedia.org/wiki/Grenelle_Environnement.

⁷ Plan national sur les résidus de médicaments dans les eaux (PNRM) 2010-2015 ; disponible sur <http://social-sante.gouv.fr/sante-et-environnement/les-plans-d-action-nationaux/>.

⁸ Un « micropolluant » désigne un polluant dont les méfaits sur l'écosystème interviennent à très faible concentration dans l'environnement, typiquement autour du µg par litre. Le terme « contaminant » est quant à lui davantage relatif à la présence dans l'environnement d'une molécule non naturelle, sans *a priori* sur ses effets.

⁹ Plan micropolluants 2016-2021 pour préserver la qualité des eaux et la biodiversité ; disponible sur <http://www.developpement-durable.gouv.fr/lutte-contre-pollutions-leau>.

¹ Document disponible sur <http://www.developpement-durable.gouv.fr/strategie-nationale-biodiversite>.

² Cf. article L211.1 du Code de l'environnement.

³ Alinéa I-2° du L211.1 précité : la protection des eaux et la lutte contre toute pollution par déversements, écoulements, rejets, dépôts directs ou indirects de matières de toute nature et plus généralement par tout fait susceptible de provoquer ou d'accroître la dégradation des eaux en modifiant leurs caractéristiques physiques, chimiques, biologiques ou bactériologiques, qu'il s'agisse des eaux superficielles, souterraines ou des eaux de la mer dans la limite des eaux territoriales.

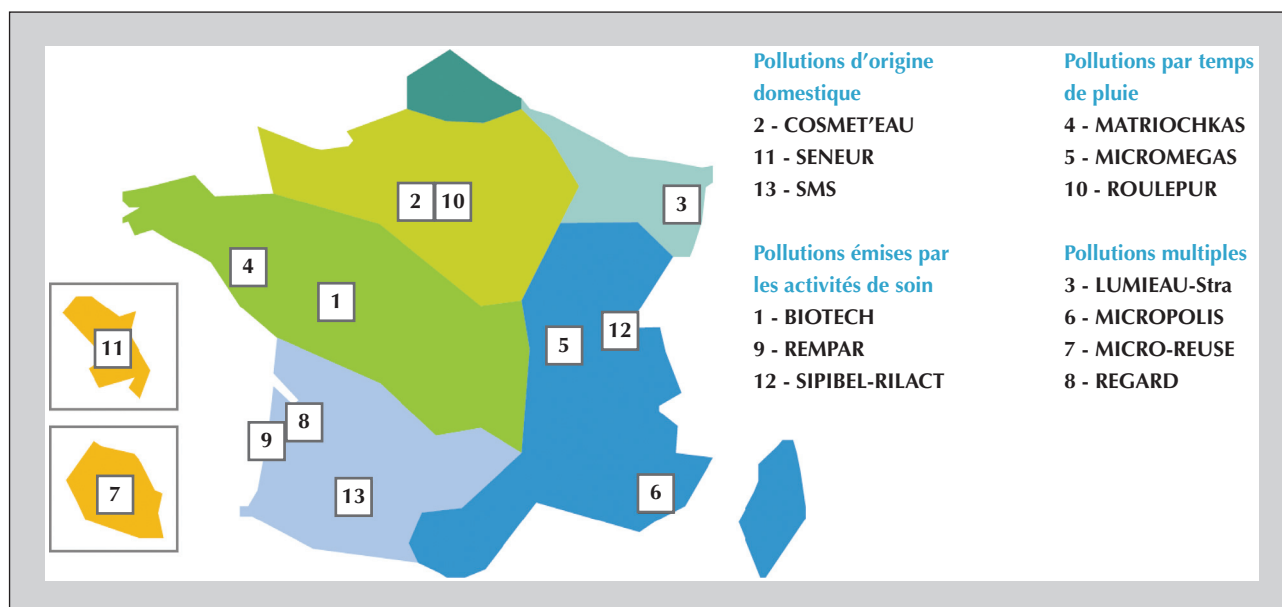


Figure 1. Identification et localisation des 13 projets d'études financés dans le cadre du dispositif « micropolluants des eaux urbaines » au sein des six grands bassins hydrographiques (le projet Rempap s'intéresse également aux pollutions d'origines multiples). Certains de ces projets ne traitent pas de façon significative des résidus des produits de soins et ne sont donc pas détaillés dans la présente synthèse.

Figure 1. Identification and location of the 13 study projects financed under the *Micropolluants des eaux urbaines* project in the six major hydrographic basins. (NB: the Rempap project also focuses on pollution from different sources.) Not all of these projects deal significantly with personal care product residues and are therefore not detailed in this study.

national d'essais (LNE), ainsi que certaines universités. Un grand nombre de résultats concernant les contaminants aquatiques déjà obtenus dans le cadre de ces partenariats est accessible sur le site Internet de l'AFB¹⁰, et sur celui du Laboratoire national de référence pour la surveillance des milieux aquatiques, Aquaref¹¹. Ces plans nationaux micropolluants ont également promu un dispositif d'appel à projets de trois à cinq ans sur les « micropolluants des eaux urbaines »¹², lancé en 2013 par le ministère de l'Écologie, l'Onema et les agences de l'eau, et donnant notamment naissance à 13 projets (*figure 1*) dont sept traitent de la gestion locale des rejets de résidus de médicaments, de produits biocides ou cosmétiques. Pour cet appel, l'accent avait été mis sur des portages par des collectivités territoriales et sur l'association de PME innovantes en matière de métrologie ou de technologie de traitement à la source.

Enfin, et dans le même temps, l'AFB est impliqué dans le soutien de projets européens traitant notamment des résidus aquatiques de produits de soin, dans le cadre de deux appels du *Water Joint Programming Initiative* (Water JPI)¹³.

La *figure 2* présente l'ensemble des enjeux relatifs aux résidus des produits de soin abordés dans la présente synthèse dans un schéma DPSIR¹⁴ pour *Driving Force-Pressure-State-Impact-Response*, traduit en français par « forces motrices-pressions-état-impacts-réponses ». Selon ce schéma, les développements sociaux et économiques exercent des « pressions » sur l'environnement et, en conséquence, l'« état » de l'environnement change, y compris les conditions nécessaires à la santé humaine, à la disponibilité des ressources et à la biodiversité. Cela entraîne des « impacts » sur la santé, les écosystèmes et

¹⁰ Se reporter à la rubrique « Contaminants et pollutions aquatiques » sur <http://www.onema.fr/rubrique/preserver-et-evaluer-la-qualite-de-l-eau>.

¹¹ L'ensemble des publications Aquaref est disponible sur <http://www.aquaref.fr/tous-les-produits>.

¹² Détails du dispositif disponibles à l'adresse <http://www.onema.fr/sites/default/files/pdf/recueil-micropolluants-web.pdf>.

¹³ Appel à projets pilote « *Emerging water contaminants–anthropogenic pollutants and pathogens* », et appel à projets Waterworks 2014 « *Research and innovation for developing technological solutions and services* ». Descriptions disponibles sur <http://www.waterjpi.eu>.

¹⁴ Le schéma DPSIR a été initialement développé par l'*European Environment Agency*. Se reporter au *Technical report No. 25, Environmental indicators: typology and overview, 1999*, disponible sur <https://www.eea.europa.eu/publications/TEC25>.

les éléments matériels, qui peuvent nécessiter des « réponses » sociétales. Ces dernières se répercutent enfin sur les « forces motrices », ou directement sur l'« état » ou les « impacts », au travers d'actions préventives ou curatives.

Ce schéma est déclinable aux diverses échelles ; l'échelle communautaire européenne avec la révision des directives sur les produits ou sur la gestion des pollutions et des milieux, le niveau national avec la réglementation et les plans nationaux santé/environnement et les politiques d'interventions des agences nationales (dont l'AFB), le niveau des grands districts hydrographiques *via* les plans de gestion DCE, ou encore au niveau local *via* les

initiatives de développement durable et les schémas d'assainissement ou de gestion des eaux des collectivités. Les projets de recherche et développement présentés dans cette synthèse s'inscrivent tous sur plusieurs étapes du DPSIR, à des échelles distinctes. Il est intéressant de mettre en avant que les projets du dispositif « micro-polluants des eaux urbaines » se sont, pour leur part, efforcés de prendre en compte plusieurs aspects du cycle, en intégrant, au-delà des diagnostics de pressions et d'état, des approches de sciences humaines et sociales. Ces dernières touchent au diagnostic de la perception sociétale des produits de soin (force motrice), et de leurs résidus en tant qu'agents de pollution (impact en termes

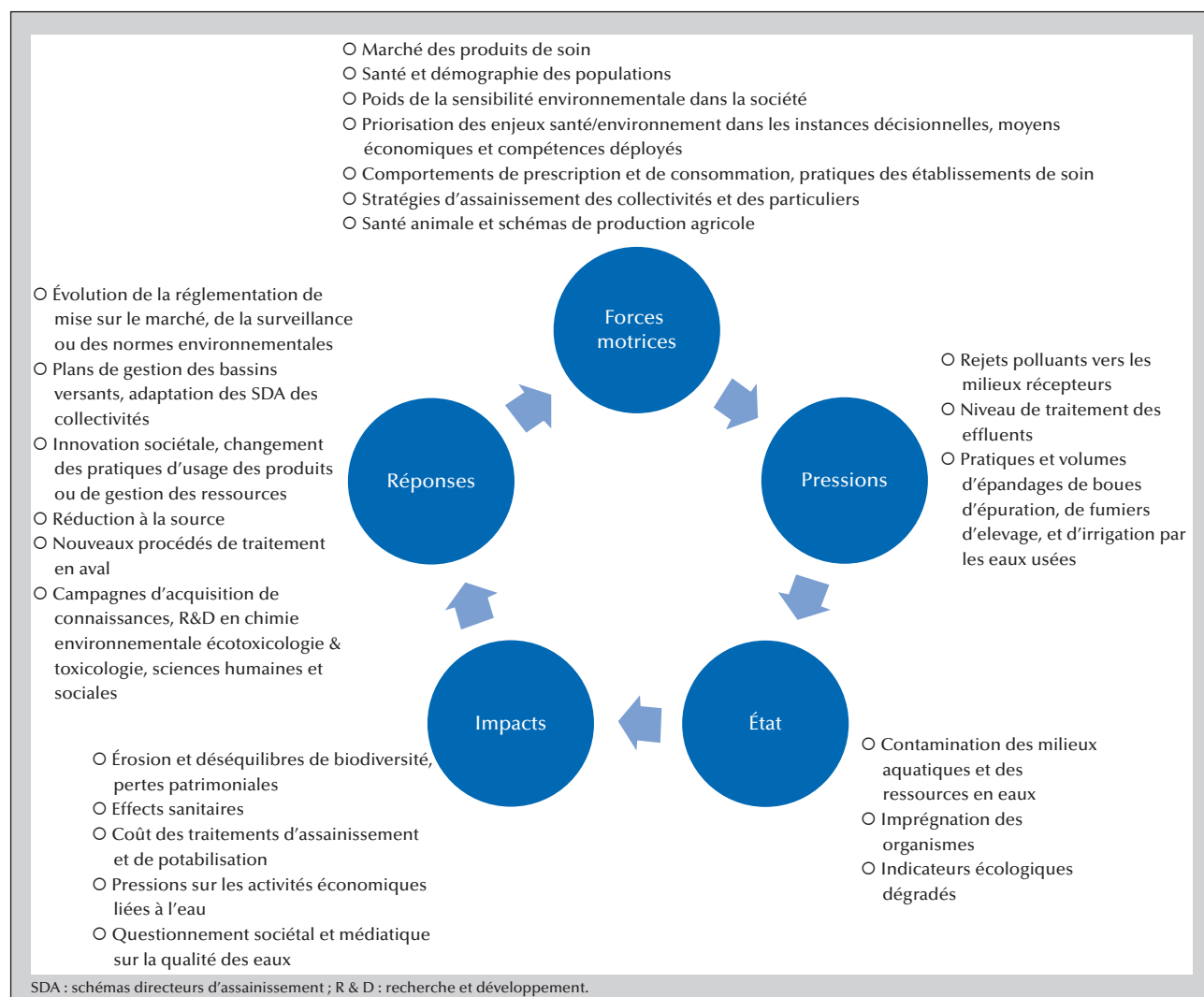


Figure 2. Schéma *Driving Force-Pressure-State-Impact-Response* (DPSIR) illustratif de l'enchaînement des enjeux à prendre en compte pour la gestion des résidus aqueux des produits de soin.

Figure 2. *Driving Force-Pressure-State-Impact-Response* (DPSIR) diagram showing the issues to be considered in managing personal care product residues in water.

de questionnements sur la responsabilité environnementale). Elles traitent aussi de réponses possibles *via* les potentialités de changements d'usages des produits, en complémentarité d'approches de réduction par les traitements d'effluents.

Connaissances sur le devenir des résidus dans l'environnement et les risques associés

Un large panel d'effets potentiels sur l'environnement est documenté dans la littérature scientifique quant à l'impact biologique des résidus de médicaments, de biocides ou de cosmétiques : la perturbation endocrinienne, l'induction d'antibiorésistance bactérienne, la bioaccumulation de certains composés organiques actifs ou de leurs produits de dégradation, et de nombreux autres effets non cibles, chroniques ou aigus. La littérature scientifique fait par ailleurs état de contributions additives de ces molécules à des effets de mélanges avec d'autres composés¹⁵ (que l'on pourrait rapprocher des interactions médicamenteuses en pharmacopée humaine), susceptibles de se traduire par des potentiels accrus d'impact sur les écosystèmes. Ces effets, le plus souvent observés en laboratoire, ne sont pas toujours directement transposables dans l'environnement. Une dimension essentielle à l'appréciation du risque reste par ailleurs la connaissance quantitative de la contamination effective des milieux par ces résidus.

Il existe près de 3 000 principes actifs différents sur le marché des médicaments, et si la problématique est étendue aux produits de soin en général, ou encore aux produits de dégradation et métabolites de ces composés, ce chiffre est certainement très en deçà de la réalité. Dès lors, il est concevable que toute activité d'acquisition de connaissance sur les risques environnementaux associés doit être précédée d'une priorisation des molécules d'intérêt. Dans le cadre du Plan national micropolluants⁹, l'AFB et l'Ineris mobilisent d'autres structures d'expertise¹⁶ afin de constituer un Comité d'experts priorisation (CEP), instance désormais pérenne, et dont la mission est précisément de proposer des listes priorisées de molécules selon divers objectifs de connaissance (surveillance régulière, campagnes exploratoires, développements

analytiques ou recherche en écotoxicologie). La méthodologie de priorisation du CEP est dérivée de celle développée au sein de l'association scientifique européenne Norman (*Network of reference laboratories, research centres and related organisations for monitoring of emerging environmental substances*)¹⁷, dédiée aux contaminants émergents¹⁸, groupement par ailleurs coordonné par l'Ineris avec le soutien financier de l'AFB. La hiérarchisation des molécules s'opère sur la base d'une estimation *a priori* des risques, prenant en compte des critères d'exposition (potentialité de présence dans l'environnement), et de danger (propriétés toxiques, écotoxiques et de persistance).

C'est ainsi, qu'en 2012, une campagne exploratoire nationale [1] a été soutenue par l'Onema et coordonnée par l'Ineris, investiguant la présence de composés émergents dans les eaux de surface, sur près de 140 sites, et 200 molécules priorisées par le CEP, dont une cinquantaine de principes actifs de médicaments. À titre illustratif, la *figure 3* restitue synthétiquement des résultats de cette campagne pour des molécules à usage pharmaceutique et des composés hormonaux, en termes de fréquence de quantification et de concentrations maximales observées. Ces résultats sont très différenciés selon les molécules, en dépit des limites de quantifications assez homogènes (de l'ordre de 0,001 à 0,01 µg/L).

Cette étude de 2012 complète l'image donnée par deux autres campagnes contemporaines menées à grande échelle sur ces résidus : celle sur les eaux destinées à la consommation humaine [2] et celle sur les eaux souterraines de la métropole [3].

Ces connaissances ont directement contribué à faire évoluer en 2015 la surveillance réglementaire DCE [4], introduisant pour la première fois au niveau national le suivi systématique, sur près d'un millier de stations de mesures des eaux de surface, de molécules à usage de médicament (une dizaine de classes pharmaceutiques représentées) ou de composants utilisés, entre autres, en parapharmacie (parabènes, triclosan...). Un jeu très conséquent et inédit de données sera donc disponible dans les années à venir sur la concentration dans les eaux de ces molécules, susceptible de consolider l'évaluation et la gestion des éventuels risques environnementaux associés. Une nécessité importante de progrès concerne néanmoins l'établissement de valeurs seuils environnementales robustes pour pouvoir interpréter les concentrations de ces molécules en termes de risque pour les milieux.

¹⁵ Pour plus de détails sur les effets de mélange, se référer par exemple à *State of the art report on mixture toxicity*. The School of Pharmacy, University of London (ULSOP), 2009, disponible sur http://ec.europa.eu/environment/chemicals/effects/pdf/report_mixture_toxicity.pdf.

¹⁶ Notamment l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses), le BRGM, l'Ifremer, l'École des hautes études en santé humaine (EHESP) de Rennes, ou les universités Paris-Sud et Paris-Est – Créteil.

¹⁷ Détails du dispositif disponibles à l'adresse <http://www.normandata.eu/>.

¹⁸ La notion de contaminants « émergents » renvoie au fait que ces composés ne sont pas encore identifiés dans les programmes réglementaires de surveillance environnementale, et nécessitent avant cela de faire l'objet de recherches plus complètes en termes de présence dans l'environnement, et/ou de potentialités toxiques ou écotoxiques.

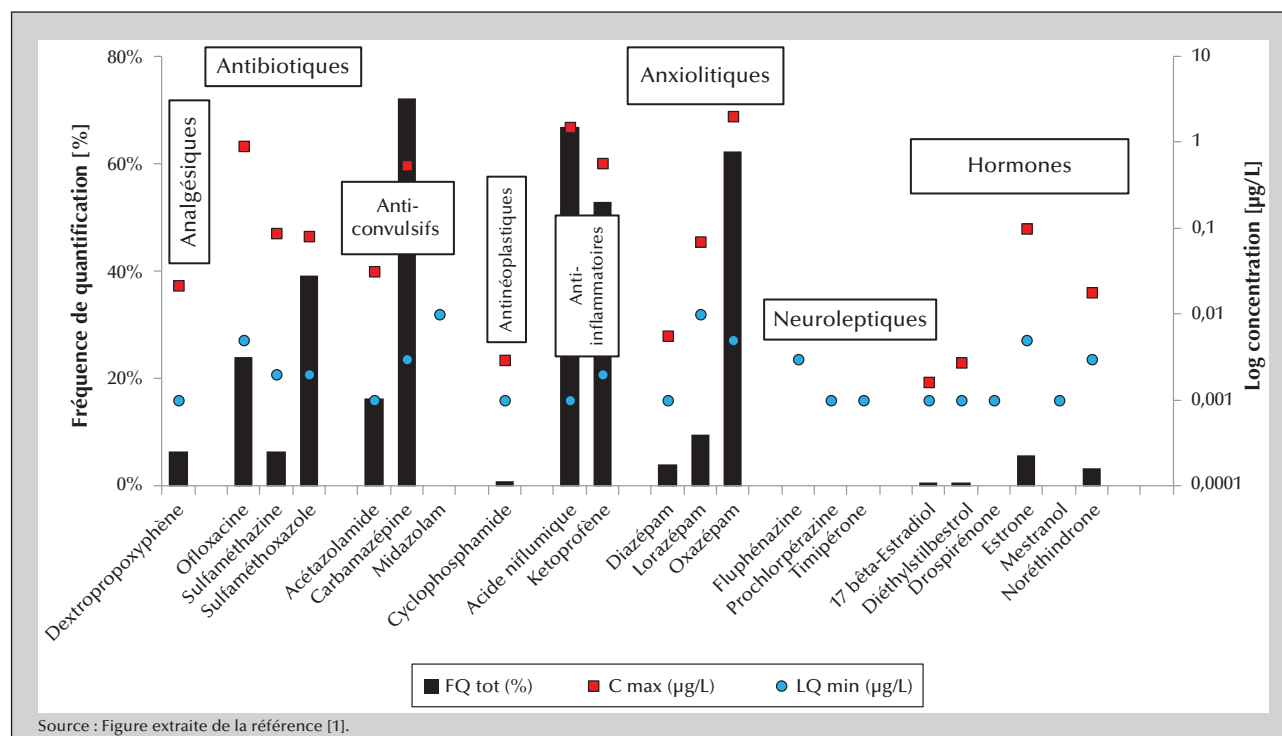


Figure 3. Résultats de l'étude prospective nationale 2012 sur les polluants émergents, s'agissant des molécules pharmaceutiques et des hormones recherchées dans la matrice « eau » (noms des molécules en abscisse, classes thérapeutiques en encadré). Sont reportées dans cette figure, la fréquence de quantification en pourcentage sur l'ensemble des points de la campagne FQ, ainsi que la limite basse de quantification des laboratoires LQ et la concentration maximum observée C_{max} (en $\mu\text{g/L}$).

Figure 3. Results of the 2012 French prospective study of emerging pollutants, featuring pharmaceuticals and hormones examined in the "Water" matrix. The names of the compounds are on the horizontal axis and the therapeutic categories on the vertical axis. This diagram shows the frequency of quantification in % of all the points in the FQ campaign, the lowest limit of quantification, LQ, in the laboratories, and the maximum concentration observed (C_{max} , in $\mu\text{g/L}$).

L'AFB apporte également son concours à des actions de suivi dans le temps de la contamination d'organismes aquatiques sentinelles par certains composés organiques persistants ayant des usages majeurs en parapharmacie, tels les composés musqués synthétiques (nitrés et polycycliques) dont certains sont d'ores et déjà considérés comme prioritaires dans des cadres réglementaires internationaux (convention Oskar [protection du milieu marin de l'Atlantique du Nord-Est] et directive Reach [enregistrement, évaluation, autorisation et restriction des substances chimiques]). L'Ifremer a ainsi pu mener à bien ce suivi depuis 2013 dans des moules sur deux façades littorales françaises [5]. Ce travail a mis en évidence un fort contraste entre diverses zones estuariennes, avec une contamination plus marquée en Manche qu'en Atlantique, en lien probable avec l'intensité des activités domestiques sur les bassins versants correspondants (figure 4).

Ce besoin d'acquisition de données d'occurrence aquatique des résidus des produits pharmaceutiques s'est aussi fait ressentir à l'échelle européenne.

En vue de réviser la liste des substances prioritaires de la DCE, la Commission a en effet imposé en 2014 aux États membres le suivi dans les milieux aquatiques, sur près de 150 cours d'eau (dont 26 sites en France), d'une liste de vigilance (*watch list*) de plusieurs molécules dont certaines à usage pharmaceutique (les hormones 17 β -estradiol et éthinylestradiol, trois antibiotiques macrolides, un filtre anti-UV, et le diclofénac). Les données préliminaires de ces campagnes soutenues par l'AFB et les agences de l'eau, produites conjointement en 2016 par le LNE, l'Ineris et le BRGM, indiquent par exemple que les composés hormonaux sont effectivement parfois quantifiés à des teneurs supérieures à 0,1 ng/L (figure 5), c'est-à-dire susceptibles d'induire des effets endocriniens sur les organismes aquatiques [6].

Au-delà de ces exercices de surveillance exploratoire à grande échelle, l'AFB apporte également son soutien à des projets pilotes locaux traitant du transfert et du risque environnemental, dont certains de recherche plus fondamentale, mais dont la finalité reste de fournir aux

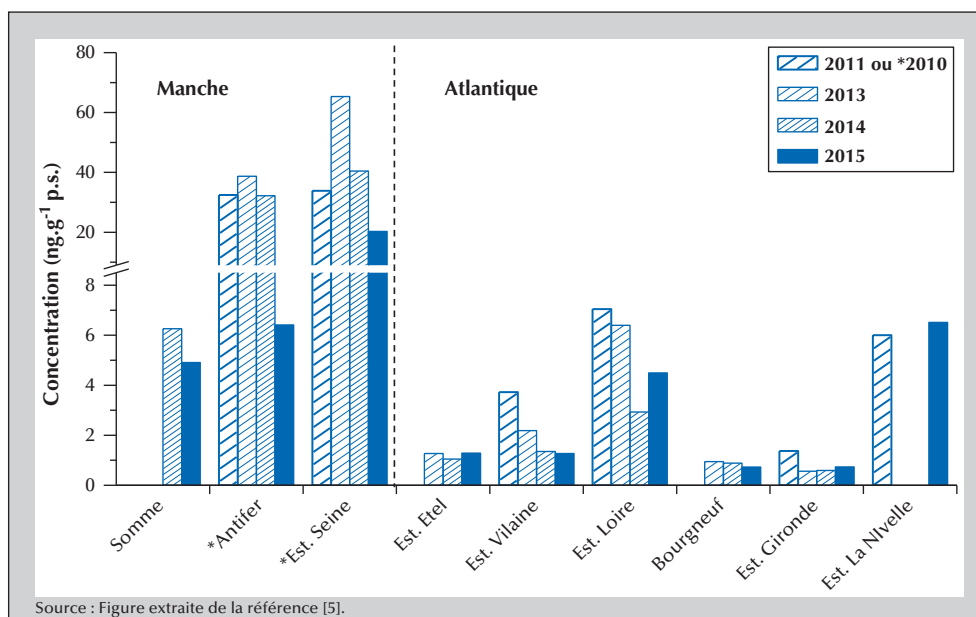


Figure 4. Concentrations en muscs synthétiques (somme des muscs nitrés et des muscs polycycliques en ng/g poids sec dans les échantillons de mollusques intertidaux du littoral métropolitain prélevés en novembre 2011 (ou 2010), 2013, 2014 et 2015.

Figure 4. Concentrations in synthetic musk (total of nitro musk and polycyclic musk in ng g⁻¹ dry weight in the samples of intertidal mollusks along the French coastline taken in November 2011 (or 2010), 2013, 2014 and 2015.

gestionnaires des eaux des clés pour prendre en compte leur contamination par de nouvelles molécules :

- le projet Remèdes [7], piloté par l'Inra, a récemment abouti, sur la base d'expérimentations menées sur des bassins versants bretons à dominante d'élevage intensif, à la production d'un guide pour le diagnostic des résidus de médicaments d'origine vétérinaire dans les eaux de rivière. Ce travail est poursuivi par un second projet en cours avec l'École des hautes études en santé publique (EHESP) de Rennes¹⁹, qui investit plus d'une quarantaine de résidus de médicaments vétérinaires dans 24 prises d'eau superficielle bretonnes, en y comparant les contaminations des eaux brutes et celles des eaux potabilisées ;
- le projet Persist²⁰, coordonné par l'université de Nîmes, s'attache à élucider et modéliser le devenir et la persistance des molécules à usage de médicament et des bactéries multirésistantes (ainsi que les éventuels liens entre ces deux contaminations), depuis l'échelle du laboratoire jusqu'à l'échelle régionale. Deux sites pilotes sont impliqués pour étudier l'influence de facteurs hydrodynamiques et hydrogéologiques contrastés : pressions

de type assainissements collectifs et individuels sur le bassin de la Vistrenque en France, zone d'élevage intensif sur le bassin de l'Empordà en Espagne, avec des problématiques liées aux résidus vétérinaires. Le syndicat mixte des nappes des eaux Vistrenque et Costières est associé au projet ;

- trois autres projets abordant les risques induits par l'utilisation des eaux usées traitées (réutilisation) :

- soit dans une finalité de production d'eau de consommation humaine avec le projet Frame²¹, auquel contribue le BRGM, qui a pour ambition de fournir des éléments d'aide à la décision pour le recours à l'infiltration d'eaux usées traitées, et une prise en compte centrale des effets possibles des contaminants mobiles, tels les résidus de médicaments ;
- soit dans une finalité d'irrigation des cultures, tel le projet Micro-Reuse²² coordonné par le BRGM à La Réunion, qui questionne, sous l'angle coût-bénéfice, l'alternative entre, d'une part, le recours à de l'ultrafiltration pour des eaux usées traitées à réutiliser et, d'autre part, des solutions de réduction à la source de polluants

¹⁹ Projet intitulé « Expo-Véto ».

²⁰ Persist : *Fate and persistence of emerging contaminants and multiresistant bacteria in a continuum of surface water ground-water from laboratory scale to regional scale*. Description disponible sur : <http://persist.unimes.fr/>.

²¹ Frame: *A novel framework to assess and manage contaminants of emerging concern in indirect potable reuse* ; description disponible sur : <http://www.frame-project.eu/project/index.html>.

²² Voir la description de ce projet sur le recueil disponible à l'adresse <http://www.onema.fr/sites/default/files/pdf/recueil-micropolluants-web.pdf>.

identifiés comme à risque (pour les eaux souterraines et dans le cadre de la culture de la canne à sucre). Une autre action soutenue par l'AFB est le projet Aware²³, auquel contribue l'Inra, et qui s'attachera notamment à caractériser le devenir et l'impact dans le sol et les plantes des résidus de médicaments issus de l'irrigation par les eaux usées, et de leurs métabolites de dégradation. *A contrario* du projet précédent, l'accent est mis sur l'étude de pratiques agraires susceptibles de minimiser les impacts des contaminants introduits dans les sols.

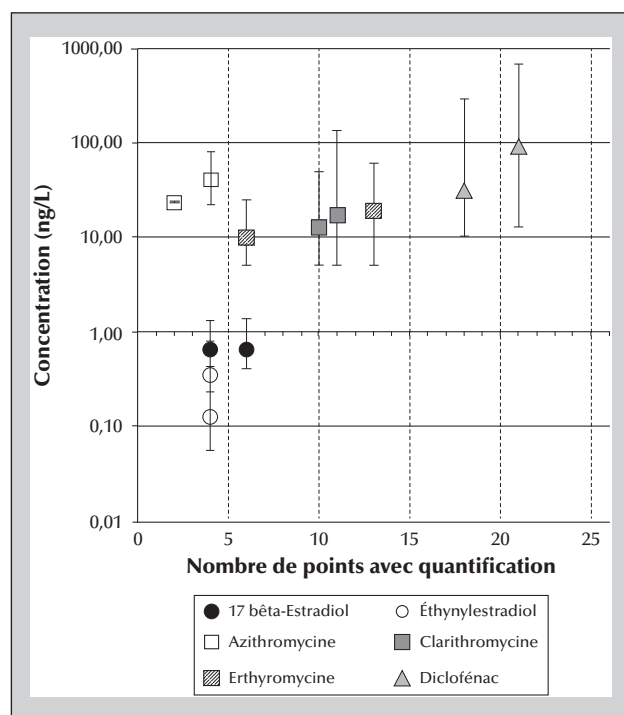


Figure 5. Distribution des concentrations retrouvées en 2016 sur les 26 sites français pour les molécules à usages pharmaceutiques de la liste de vigilance européenne. Chaque molécule est représentée par un couple de points correspondant aux deux campagnes de mesures successives effectuées. Les ordonnées des points représentent les médianes des concentrations, et les extrémités des barres d'erreur représentent les minima et maxima des concentrations quantifiées.

Figure 5. Distribution of concentrations found in 2016 at the 26 French sites for pharmaceutical compounds on the European pharmacovigilance list. Each compound is represented by a pair of dots corresponding to the two successive measurement campaigns. The Y coordinates represent the median concentrations and the extremities of the error bars represent the minimal and maximal quantified concentrations.

²³ Aware: Assessing the fate of pesticides and waterborne contaminants in agricultural crops and their environmental risks ; descriptif disponible sur http://www.waterjpi.eu/index.php?option=com_content&view=article&id=549:aware&catid=156:joint-calls.

Techniques de détection de présence et d'effets des résidus des produits de soin

L'intérêt des gestionnaires des milieux aquatiques pour la caractérisation de leurs eaux en termes de contamination par les résidus de médicaments s'est fortement accru dans la seconde partie des années 2000, donnant lieu à des premières campagnes exploratoires des milieux, d'abord à l'échelle régionale, puis nationale. Ces exercices ont stimulé l'amélioration et la rationalisation des méthodes analytiques. C'est dans ce contexte que l'Onema a soutenu le laboratoire Aquaref lors de la mise en œuvre du plan national sur les résidus de médicaments dans les eaux, avec, parmi les résultats, la réalisation d'essais interlaboratoires sur ces molécules, et l'élaboration, en collaboration avec l'Anses-laboratoire de Nancy, d'une norme expérimentale dédiée à la mesure de ces résidus dans le cadre de la commission de l'Association française de normalisation (Afnor) T91M « micro-polluants organiques » [8]. L'Aquaref a également été sollicité plus récemment par le ministère de l'Écologie et l'AFB pour le développement de méthodes dévolues à la liste de vigilance européenne évoquée plus haut, avec des défis de sensibilité analytique particulièrement aigus s'agissant de molécules à fonctions de régulation hormonale, défis relevés avec succès. Mentionnons d'autres développements analytiques en cours aidés par l'AFB concernant 25 résidus de médicaments vétérinaires, dans le cadre du projet Expo-Véto à l'EHESP de Rennes.

Outre ces développements par des laboratoires, l'Onema puis désormais l'AFB se sont attachés à accompagner des projets visant à éprouver des technologies d'échantillonnage intégratif avec des échantillonneurs passifs immergés dans les milieux plusieurs jours, pouvant permettre d'accéder à de meilleures sensibilités que les échantillonnages ponctuels classiques d'eau, et permettant aussi de révéler des événements de pollution intermittents au sein des milieux. L'Aquaref a ainsi pu établir un cadre méthodologique pour l'application des échantillonneurs POCIS (*Polar Organic Chemicals Integrative Sampler*) pour les résidus de médicaments moyennement polaires dans les eaux naturelles²⁴ [9]. D'autres développements complémentaires sont désormais soutenus par l'AFB, concernant des résidus plus hydrophobes tels certains agents conservateurs présents dans les produits cosmétiques, recherchés dans la Seine dans le cadre du projet Cosmet'Eau [10], ou encore concernant l'emploi des POCIS pour la recherche de résidus de médicaments ou de drogues illicites des eaux urbaines (projet Seneur en Martinique²²).

²⁴ Fiche méthode Aquaref ME 4, disponible sur <http://www.aquaref.fr/system/files/Fiche%20ME4.pdf>, sur la base de Togola et Budzinski [9].

En complément de ces méthodes de mesure chimique, qui présentent la limitation de ne renseigner que sur des molécules pré-identifiées et recherchées, de nombreux outils de terrain ou de laboratoire se développent permettant d'appréhender les effets biologiques des composés actifs présents dans les milieux aquatiques. Les résidus des produits de soin, souvent en lien avec leurs finalités initiales d'actions ciblées sur le vivant, sont potentiellement des contributeurs importants des déséquilibres physiologiques ou populationnels observés sur les organismes aquatiques des écosystèmes naturels. Des effets de perturbation du système endocrinien sont mis en évidence en laboratoire pour nombre d'entre eux, et ont également pu être observés sur le terrain. Les outils bioanalytiques peuvent alors être mis à profit pour réaliser le diagnostic de pollution par ces résidus, comme l'illustre par exemple l'enquête réalisée en 2011 par l'Ineris avec la collaboration de l'Onema dans la rivière Dore (massif central) [11]. Plus généralement, l'Onema puis désormais l'AFB apportent depuis plusieurs années un soutien à la consolidation opérationnelle de ces outils. On peut citer une de leurs mises en œuvre les plus significatives, réalisée récemment dans le cadre du partenariat Ineris-AFB au travers d'une cartographie nationale de l'intersexualité des poissons de rivière²⁵, phénomène dont les causes ne peuvent toutefois être réduites aux seuls résidus des produits de soin. Plusieurs projets du dispositif « micropolluants des eaux urbaines »²² s'emploient par ailleurs à valoriser ces outils pour la caractérisation de l'écotoxicité d'effluents porteurs de résidus des produits de soin, qu'il s'agisse d'eaux grises domestiques (projet Cosmet'Eau) ou d'eaux usées d'hôpitaux (projets Regard, Biotech, Rilact, et Rempar).

Vers des progrès dans la gestion des rejets d'origine urbaine

La position des collectivités urbaines face aux enjeux de la micropollution des eaux

Contextes des politiques locales de développement durable

Pour les collectivités, la question des micropolluants dans les eaux urbaines rejetées vers les milieux aquatiques est en premier lieu un enjeu de protection de la santé humaine, dans la mesure où elles ont la responsabilité de la distribution de l'eau destinée à la consommation humaine (EDCH) produite à partir de ces milieux, et aussi parce que la qualité de la ressource influe sur d'autres activités économiques impactant la santé

²⁵ L'intersexualité des poissons de rivière à l'étude, description disponible sur : <http://www.onema.fr/l-intersexualite-des-poissons-de-riviere-l-etude>.

humaine, localement stratégiques : aquacultures, loisirs aquatiques, etc.

Les politiques locales de préservation ou de reconquête de la qualité de l'eau, conditionnées notamment par la mise en place sur les territoires des collectivités de schémas directeurs d'assainissement (SDA), intègrent de plus en plus des volets de la micropollution. C'est ainsi que certaines collectivités ont profité de l'appel à projets « micropolluants des eaux urbaines » cofinancé par l'Onema et les agences de l'eau pour présenter des projets recherche et développement (R&D) de diagnostic et d'expérimentation, auxquels elles participent directement, et même parfois en position de pilotage. Les résidus des produits de soin font partie des pollutions qui préoccupent plusieurs des collectivités dont les projets ont été retenus dans le cadre de cet appel, par exemple :

- la métropole de Bordeaux, avec en contexte du projet Regard²² des enjeux de réhabilitation des milieux aquatiques sensibles connectés à des ressources d'EDCH ou d'irrigation, telles que la Jalle de Blanquefort ;
- le Syndicat intercommunal du bassin d'Arcachon (SIBA), avec en contexte du projet Rempar²² des enjeux relatifs au bassin d'Arcachon et aux activités touristiques et économiques (ostréiculture notamment) ;
- le Grand Poitiers, actif au sein du projet Biotech²², et dont le SDA privilégie la lutte contre les déversements polluant vers les milieux récepteurs ;
- la Communauté d'agglomération du Centre Martinière, avec à l'arrière-plan du projet Seneur²² des enjeux de protection des écosystèmes de la Baie de Fort-de-France (Mangrove, récif corallien, herbiers, etc.) ainsi que des questions relatives au devenir des boues d'épuration et à la réutilisation éventuelle des eaux usées pour la culture bananière.

Aspects réglementaires

L'article 1331-10 du Code de la santé publique, modifié par la loi du 16 décembre 2010, stipule que tout déversement d'eaux usées autres que domestiques dans les réseaux d'assainissement collectifs doit être soumis à l'autorisation des collectivités territoriales. Cette réglementation peut se voir déclinée au sein de conventions spéciales de déversement ou autorisation de déversement, voire dans les règlements d'assainissement communal, qui peuvent également couvrir les cas d'eaux d'usage domestique.

Par ailleurs, une récente note technique ministérielle a précisé les modalités de la recherche de micropolluants dans les eaux usées traitées et dans les eaux brutes des STEU [12]. Elle définit également les modalités de recherche des sources d'émission de ces micropolluants en amont des STEU et d'engagement des collectivités dans une démarche de réduction de ces émissions. La surveillance des contaminants doit s'effectuer dès l'entrée de la filière, sur les eaux brutes. Si des contaminants sont détectés dans les eaux traitées à des teneurs

dépassant certains seuils, un diagnostic devra être réalisé par la collectivité. Cette dernière pourra fixer des valeurs limites d'émission aux installations raccordées au réseau.

Cependant, à ce jour, bien qu'il y ait un cadre réglementaire applicable aux déchets issus des médicaments²⁶, il n'existe pas de normes réglementaires de rejet en réseaux d'assainissement qui soient propres aux résidus des produits de soin.

Des collectivités proactives

Depuis quelques années, et en dépit de cette absence de normes spécifiques, certaines collectivités et certains établissements de soins ont déjà eu le souci d'anticiper des évolutions plausibles de la réglementation de l'assainissement ou des eaux destinées à la consommation humaine, concernant une future prise en compte de certaines molécules issues des activités de santé. Ces anticipations sont légitimées par la prise en considération croissante de certaines de ces molécules par les instances européennes et nationales au titre de l'évolution de la DCE ou de la directive eaux potables, ou des conventions environnementales internationales, ou bien encore plus en amont au niveau des réglementations relatives à la mise sur le marché des produits.

L'AFB et les agences de l'eau ont pris le parti de soutenir de telles démarches proactives visant à une capacité d'agir effective, si une réglementation *ad hoc* ou la certitude scientifique d'un danger apparaissaient. Les connaissances ainsi acquises permettront aux services de l'eau et d'assainissement des collectivités d'avoir une meilleure connaissance des effluents à traiter et de l'évolution des pollutions par ces résidus au sein même de leurs réseaux d'assainissement. Les projets soutenus devraient à terme faciliter l'intégration de changements de pratiques dans le suivi et le renouvellement des autorisations de déversement, *via* la mise en œuvre de prescriptions techniques adaptées aux différentes situations de rejet rencontrées sur le terrain. Ils devraient, en outre, faciliter l'identification des sources d'émissions, des sites où les émissions sont les plus fortes et la capacité ou l'incapacité du réseau à abattre une partie de la pollution. Ces données fourniront une aide pour les collectivités à se positionner entre des options de type traitement à la source (sensibilisation des usagers des produits, substitution des molécules à risque, postes de traitement à l'amont des rejets dans les réseaux) et traitement plus poussé à l'aval (épuration poussée des eaux usées collectives, ou traitement complémentaire de la ressource pour la potabilisation, avec des surcoûts imposés aux usagers).

L'information et les préoccupations croissantes des citoyens sur la qualité chimique de l'eau et des aliments

sont aussi des moteurs d'anticipation pour les collectivités, dont certaines se sont déjà engagées dans une mise à l'agenda de ces sujets au sein d'instances participatives locales. C'est le cas par exemple de la métropole de Bordeaux qui a instauré une gouvernance élargie à son projet Regard²² (réunions publiques « Regard citoyen sur les micropolluants », abordant le sujet des résidus d'activités de soin), ou encore de la ville de Paris, acteur du projet Cosmet'Eau²² au sein duquel il est prévu de solliciter au sujet des résidus aqueux de produits cosmétiques, l'Observatoire parisien de l'eau, commission extramunicipale de la ville de Paris et outil de concertation et de contrôle citoyen sur la politique municipale de l'eau.

Les profils technico-économiques des molécules rejetées par les activités de soin

Un préalable pour atténuer les rejets de ce type de résidus dans les réseaux d'eaux urbaines est la connaissance des usages et de la réglementation applicable aux molécules concernées. Dans le cadre de son partenariat avec l'Ineris, l'AFB soutient à cette fin des travaux de veille et de documentation technico-économique pour un certain nombre de molécules à enjeu pour la pollution aquatique. C'est ainsi que des monographies récentes dédiées à des médicaments (diclofénac, ibuprofène) ou des composés entrant dans la formulation de produits d'hygiène (muscs, triclosan, parabènes) sont désormais disponibles sur le « portail substances chimiques » de l'Ineris²⁷. D'autres travaux de documentation similaires sont programmés pour les deux années à venir s'agissant de résidus des produits de soin, notamment ceux nouvellement surveillés en tant que « substances pertinentes » au titre de la réglementation DCE [4]. Certains travaux menés suite à l'appel à projets « micropolluants des eaux urbaines » viennent compléter cette documentation, tels ceux conduits au sein du projet Cosmet'Eau sur les conservateurs et biocides dans les produits cosmétiques [13].

L'identification des émetteurs et la caractérisation des flux en réseau

L'étape suivante dans une perspective de gestion des résidus présents en assainissement collectif est l'identification des émetteurs les plus contributeurs au flux polluant, et le suivi de ces flux dans les réseaux d'assainissement des collectivités. À cet égard, plusieurs projets issus du dispositif « micropolluants des eaux urbaines » permettront de capitaliser des informations

²⁶ Cf. Guide pratique « Pour une bonne gestion des déchets produits par les établissements de santé et médico-sociaux », disponible sur le site du ministère des Affaires sociales et de la Santé.

²⁷ Fiches technico-économiques. <http://www.ineris.fr/substances/fr/page/14>

inédites ou complémentaires sur l'introduction et le devenir en réseau des résidus de soin. Pour les résidus de médicaments, c'est le cas du projet Rilact²², adossé au site SIPIBEL²⁸ en Haute-Savoie, qui procédera au travers de huit campagnes de mesures à l'étude de la dégradation des médicaments en réseau d'assainissement, avec en parallèle la mise au point d'une modélisation stochastique des flux de résidus arrivant en STEU. D'autres acquisitions sont en cours dans le cadre des projets Regard²² à Bordeaux et Rempar²² sur le bassin d'Arcachon, qui explorent le continuum aquatique depuis des sources domestiques et hospitalières jusqu'à la STEU, puis enfin jusqu'au milieu récepteur. Le projet Regard investigate aussi des sources *a priori* moins attendues pour ces résidus, comme le ruissellement pluvial, et des sources industrielles. Le transfert de ces résidus en contexte tropical est également investigué à la Martinique au sein du projet Seneur²², avec des particularités liées à l'environnement physicochimique au sein des canalisations (température, pH) et les pratiques de soins propres à ce territoire. Ce projet examine aussi les résidus issus de l'usage de certains stupéfiants, et s'attache à caractériser les rejets de certains établissements et activités collectives spécifiques (hôpitaux, lycées, campus, centre de détention). Les résidus des filtres anti-UV font l'objet d'études dans le cadre du projet Rempar²², en lien avec la cohabitation d'activités de baignade et d'ostréiculture dans le bassin d'Arcachon.

Outre l'identification des principaux émetteurs et l'établissement d'un bilan quantitatif des flux véhiculés dans le réseau d'assainissement, la stabilité et la réactivité chimique des résidus des produits biocides sont pour leur part le sujet central du projet Biotech²², notamment ceux en usage en milieu hospitalier, sur le territoire du Grand Poitiers. Le projet Cosmet'Eau²² sur Paris s'attache quant à lui à caractériser le transfert de certains résidus de produits cosmétiques, avec une remontée jusqu'aux sources de leur transfert, à savoir l'investigation des eaux grises de salle de bain ou de cuisine (analysées chimiquement, mais aussi d'un point de vue écotoxique), ainsi que de celles des rejets de certaines activités économiques (coiffeurs, salon de beauté, CHU). Le devenir de ces composés y est suivi en aval jusqu'en Seine, en passant par les STEU et les déversoirs d'orage, lesquels sont parfois chargés d'eaux domestiques lors des épisodes pluvieux intenses.

La dimension sociologique et les changements de pratiques

La contamination des eaux par les micropolluants étant avant tout le résultat de pratiques de production et de consommation, leur perception comme facteur de risque par l'ensemble de la chaîne d'acteurs doit être

prise en compte. C'est pourquoi les sciences humaines et sociales tiennent une bonne part au sein des projets du dispositif « micropolluants des eaux urbaines », qui misent sur l'analyse des représentations du danger et des modifications effectives de pratiques pour alimenter la réflexion sur des éléments de communication publique et sur des actions pour encourager les changements de consommation, voire de pratiques professionnelles comme celles des pharmaciens et des structures hospitalières... Cette réflexion porte sur l'analyse des gains et contraintes des actions du point de vue sociétal. Elle pourrait même, par exemple dans le cas du projet Regard²², nourrir un débat public sur les questions croisées de la pollution des milieux aquatiques par les micropolluants et de l'innovation sociétale.

En parallèle, un travail de fond est mené dans le cadre du projet Cosmet'Eau²² sur l'étude sociologique des phénomènes de lancement et de diffusion d'« alerte », en s'appuyant sur l'historique récent des alertes relayées médiatiquement au sujet des perturbateurs endocriniens.

Les potentialités de changement de pratiques de consommation de produits de soin chez les usagers non professionnels font l'objet de plusieurs projets soutenus par l'AFB²⁹, avec en préliminaire le repérage d'éléments constitutifs de la représentation sociale des produits, le repérage de ceux liés à la perception du ou des risques environnementaux, notamment en termes de qualité de l'eau. Y sont aussi investigués le sentiment ou la conscience d'une responsabilité, ou non, de l'utilisateur en termes de contribution à la pollution *via* les eaux usées ou le « tout-à-l'égout ». Un des leviers utilisés pour la révélation de ces représentations est la mise en œuvre d'enquêtes auprès du public des territoires projets, comme par exemple dans le cadre du projet Rempar concernant les pratiques d'usage des filtres UV et des médicaments, avec, pour ce dernier cas, des questionnaires structurés autour de la consommation des médicaments, l'automédication, la non-observance des traitements, le devenir des médicaments périmés, la pratique de recyclage des produits...

Le recours aux professionnels de santé comme relais de sensibilisation aux bonnes pratiques est aussi largement exploré dans les projets, avec par exemple le développement d'outils de communication spécifiques adaptés au milieu hospitalier, interne et externe, dans le cadre du projet Regard²², ou encore d'outils de sensibilisation à destination du grand public dans le cadre du projet Rempar²². Le projet Regard s'intéresse également aux ressorts du processus d'« écologisation » des pratiques des acteurs hospitaliers eux-mêmes, y compris dans le cadre de la gestion *extra-muros* des activités de soins (ex. : soins ambulatoires, parcours de soins, etc.). Enfin, certains projets s'attachent à formaliser directement des éléments de bonnes pratiques applicables en milieu

²⁸ Cf. <http://www.graie.org/Sipibel>.

²⁹ Projets Seneur à la Martinique, Regard à Bordeaux, Rempar à Arcachon, Lumieau à Strasbourg²².

hospitalier, tels le projet Rilact²² qui a produit en 2015 un recueil de solutions pour limiter les rejets du centre hospitalier Alpes-Léman. Dans le même esprit, le projet Biotech²² s'attache à identifier, sur la base de son expérience avec le CHU de Poitiers, des solutions alternatives et une amélioration des pratiques d'utilisation des biocides pour limiter les rejets. L'idée est ensuite de diffuser largement les guides des bonnes pratiques aux établissements potentiellement polluants et accompagner leur compréhension et leur intégration par des campagnes d'informations. Les bonnes pratiques préconisées pourraient être valorisables et transférables via le réseau des centres hospitaliers de France puis via le réseau des fournisseurs de produits de soin vers les autres utilisateurs, en particulier les établissements privés de santé de type clinique.

Le troisième groupe d'acteurs visé par les projets du dispositif « micropolluants des eaux urbaines » pour porter des stratégies de changement de pratiques est celui des décideurs des collectivités locales ou des acteurs institutionnels (par exemple, agences régionales de santé, caisses d'Assurance-maladie, etc.). L'un des axes du projet Rilact²² est l'établissement d'une méthodologie de communication pour les acteurs des territoires sur les enjeux de micropollution par les résidus des produits de soin. Dans un esprit semblable, le projet Cosmet'Eau²² s'attache à expliciter les besoins des collectivités territoriales dans le domaine et à leur proposer des outils leur permettant de définir des dispositifs d'incitation aux changements de pratiques. Pour leur communication, le projet vise à leur indiquer des éléments de langage et les médias les plus efficaces pour diffuser ce type de messages, avec une prise en considération de l'échelle territoriale et de la participation des citoyens. Une des questions posées est de savoir si les collectivités locales ont vocation à être des lanceurs d'alerte sur les micropolluants issus des produits de consommation et, si oui, à quelles conditions ?

Les performances des actions de réduction

Toute une gamme d'actions est potentiellement envisageable pour réduire la présence des résidus des produits de soins dans les milieux et ressources aquatiques, le long d'un continuum allant de la mise sur le marché des produits jusqu'aux traitements en aval au niveau des stations d'épuration collectives.

En partant de l'aval, une contribution significative aux connaissances sur les performances d'une large gamme de procédés de traitement a été acquise récemment au travers du projet ARMISTIQ (2010-2013) [14], piloté par l'Irstea en partenariat avec Suez Environnement, l'université de Bordeaux, et soutenu dans le cadre de la programmation Onema. Ce projet a notamment étudié des molécules de résidus de médicaments et de produits de soin (bêtabloquants, antidépresseurs, anti-inflammatoires, antibiotiques, contraceptifs, muscs synthétiques,

triclosan), dont une bonne part avait déjà été identifiée comme réfractaires aux traitements secondaires biologiques classiquement mis en œuvre en STEU urbaine. Ce projet avait pu mettre en évidence des marges de manœuvres assez limitées pour l'optimisation de l'efficacité des traitements secondaires pour ces molécules (typiquement moins de 15 % d'amélioration). Des abattements beaucoup plus significatifs y avaient été mis en évidence par l'utilisation de traitements tertiaires à base de charbon actif ou d'ozonation. Ces actions s'accompagnent toutefois de contraintes techniques d'exploitation et d'une augmentation des coûts de fonctionnement et d'investissement. Par ailleurs, le projet a mis en évidence que des résidus accumulés dans les boues résiduelles de traitement, comme les muscs synthétiques par exemple, s'avèrent peu affectés par les procédés de traitement actuellement utilisés.

Par ailleurs, l'AFB soutient actuellement le projet Promote³⁰, qui intègre l'université de Poitiers et associe l'opérateur public Eau de Paris, dont un objet central est aussi l'effet des traitements d'oxydation avancés, associés ou pas au charbon actif en grains, en se focalisant spécifiquement sur des composés très hydrophiles, c'est-à-dire à fort potentiel d'impact sur les ressources et les activités de production d'EDCH, composés parmi lesquels se rangent de nombreux résidus de médicaments et leurs produits de transformation.

Des connaissances complémentaires importantes sur les performances des traitements biologiques secondaires en STEU pour les résidus des produits de soin sont en cours d'acquisition dans le cadre du projet Regard²², qui réalise un suivi de 43 molécules à usage de médicament sur trois des six STEU de l'agglomération bordelaise. Il y est déjà confirmé que certains de ces résidus ne sont pratiquement pas éliminés au niveau de ces stations et rejoignent donc les milieux récepteurs en proportion significative. *A contrario*, ce projet s'intéresse aussi à certains médicaments très utilisés et bien éliminés par les traitements, qui pourraient être utilisés en surveillance des milieux récepteurs pour révéler des apports d'eaux non traitées ou des défauts de traitement.

Une des suites du projet ARMISTIQ, évoqué plus haut, aura été la mise en place dans le cadre d'un programme de recherche Irstea-Onema/AFB (en cours depuis 2013) de plusieurs zones de rejets végétalisées (ZRV) pilotes, en aval de STEU de petites collectivités. L'abattement par ces ZRV de plusieurs résidus de médicaments y est étudié, notamment par photodégradation naturelle, avec le constat que si certaines molécules sont bien réduites (par exemple, kétoprofène, acide fénofibrique), la majorité l'est à moins de 30 % [15].

Tous ces éléments confortent l'importance de réfléchir à doubler ces traitements aval avec des actions de

³⁰ Projet issu du dispositif Water JPI, appel de 2014 ; détails disponibles sur <http://www.ufz.de/promote/>.

réduction menées plus en amont, notamment avant les rejets dans le réseau d'assainissement collectif. Plusieurs projets du dispositif « micropolluants des eaux urbaines » mènent à cet effet des actions de caractérisation de solutions pour le traitement des effluents d'hôpitaux. C'est le cas par exemple du projet Rempar²² qui étudie les performances de l'association d'un bioréacteur à membrane avec un traitement au charbon actif pour la diminution de la charge toxique émise par le pôle de santé d'Arcachon. Des analyses intégratrices chimiques (échantillonneurs passifs) et écotoxicologiques (essais sur lignées cellulaires avec mesures de marqueurs biochimiques et génétiques) y sont éprouvées au sein d'un module technique dédié, en vue de créer le cahier des charges d'un prototype de laboratoire mobile, directement mobilisable sur des sites expérimentaux. Dans un esprit similaire au sein du projet Biotech²² à Poitiers, des dispositifs de traitement adaptés à l'élimination des biocides dans les rejets – traitements basés sur l'oxydation par ozonation catalytique – sont testés dans le cadre d'une étude pilote de traitement sur le terrain au niveau de sites émetteurs pertinents identifiés (par exemple, un CHU) afin d'évaluer l'impact global d'un tel traitement sur les rejets de biocides dans les réseaux d'assainissement collectif.

Un autre projet intitulé SMS²², implanté sur le territoire du SIVOM SAGE (SIVOM Saurdrune Ariège Garonne), s'intéresse pour sa part à des stratégies de séparation des urines à la source (au niveau des toilettes) qui, bien que représentant moins de 1 % des eaux usées, contiennent une part importante de cette contamination notamment par son contenu en résidus de médicaments. Y sont testés des traitements mettant en œuvre des procédés complémentaires pour agir sur les micropolluants contenus dans la filière « urine », mais également dans la filière des « autres eaux » chassées de ce système de toilettes. Outre la quantification des molécules et de leur dégradation, les performances de traitements sont évaluées aussi par des essais d'écotoxicité basés sur des protocoles innovants.

L'effet en termes de réduction de la pollution transférée au milieu aquatique récepteur de mesures prises tout à fait en amont, notamment au niveau de la mise sur le marché des produits de soin, est rarement étudié expérimentalement. Le projet Cosmet'Eau²² se prête toutefois à cet exercice, en profitant du phénomène récent d'éradication des conservateurs de type parabènes dans les produits cosmétiques, et *via* une démarche comparative sur des données acquises dans les eaux usées d'Île de France, entre 2009 et nos jours.

L'évaluation socioéconomique des actions de gestion

Dans une perspective d'appui aux gestionnaires des milieux aquatiques et des ressources en eau, il importe

d'aller au-delà de la seule évaluation des performances techniques des solutions étudiées, en intégrant des réflexions sur la faisabilité socioéconomique des mesures proposées. À cet égard, certains des projets mentionnés ci-dessus²² (par exemple, Biotech ou Regard pour la source hospitalière, Cosmet'Eau et Rempar pour les changements de pratiques de consommation, ou SMS pour la filière de toilettes séparatives) ont prévu de produire de telles valorisations à destination des établissements de santé, des fournisseurs de produits de soin, des aménageurs urbains, et bien sûr des collectivités territoriales. L'ensemble de ces éléments devrait aider ces dernières à mieux se positionner sur des stratégies de diagnostic en matière de pollution de leurs eaux, et entre des options de réduction à la source ou de traitement à l'aval.

Conclusion

La communauté scientifique s'est attelée depuis près de deux décennies à défricher la problématique du transfert vers les milieux aquatiques des résidus des produits de soin, et à la révélation des risques associés potentiels pour l'environnement et la santé, avec des progrès très significatifs accomplis en termes de méthodes et de résultats. Néanmoins, la diversité des origines et usages de ces contaminants, de leurs natures et de leurs comportements, ainsi que la diversité des cibles biologiques et des compartiments à la fois environnementaux et économiques potentiellement impactés, rendent le tableau très complexe et forcent à l'humilité quant à la possibilité d'une couverture exhaustive des situations à enjeux. Cette complexité est encore accrue si l'on veut bien considérer que de nombreux autres micropolluants sont également émis vers ces ressources aquatiques, depuis tous types de sources, qu'il s'agisse de résidus de pesticides, de détergents, ou encore de contaminants issus d'activités industrielles, émis par les activités de transport, de consommation énergétique, voire issus de l'usure de toutes sortes de matériaux, etc. Cela positionne de fait les gestionnaires, aujourd'hui encore, face à de nombreuses incertitudes sur les options à privilégier pour tenir compte de cette contamination discrète mais multiple, qui est par ailleurs désormais assez bien identifiée par les citoyens s'agissant des résidus de médicaments.

La présente synthèse n'a pas la prétention de tirer des conclusions, ni même d'esquisser une hiérarchisation des enjeux. Elle dresse le paysage d'un nombre conséquent de démarches et d'initiatives nationales et locales, soutenues par l'AFB et ses partenaires institutionnels. La *figure 6* reprend le schéma DPSIR présenté sur la *figure 2*, mais en y intégrant cette fois les projets et activités cités dans le présent article. Le tableau ainsi

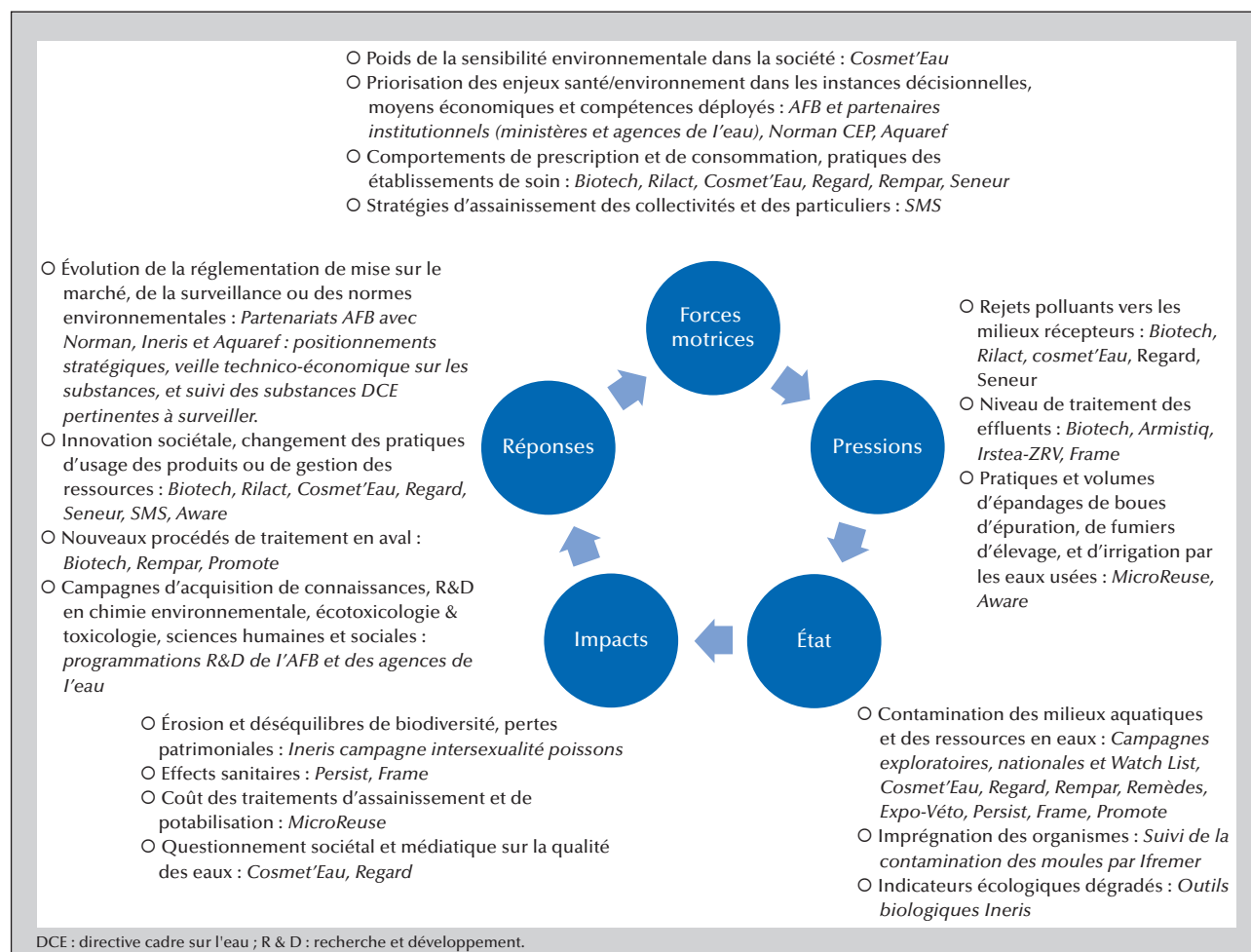


Figure 6. Positionnement, sur le schéma DPSIR déjà présenté sur la *figure 2*, des diverses activités et projets soutenus par l'Agence française pour la biodiversité (AFB) concernant les résidus des produits de soin cités dans le présent article. Ces projets et activités sont libellés en italiques sur la figure.

Figure 6. Position on the DPSIR diagram presented in figure 2 of the various initiatives and projects supported by AFB concerning personal care product residues cited in this article. These projects and initiatives are in *italics* in the figure.

dressé indique que les projets soutenus par l'AFB devraient pouvoir apporter des contributions aux cinq grandes composantes du système DPSIR, qui permettent d'appréhender et de traiter de façon globale les problématiques associées à ces pollutions aquatiques.

Une majorité des actions présentées ici devraient s'achever d'ici à 2019. Il sera utile alors de recouper, puis de convertir les résultats de ces avancées en outils d'aide à la décision, valorisables largement.

Cela dit, ces apports seront loin d'épuiser le sujet, et il convient de bien noter qu'ils s'inscrivent dans un cadre plus vaste de recherches scientifiques et d'innovations sociétales soucieuses de développement durable, cadre qui dépasse largement les seules interventions de l'AFB.

Cette diversité de recherches et d'innovations s'explique en bonne part par l'anticipation de contraintes de gestion qui finiront tôt au tard par s'imposer pour préserver au mieux nos ressources. En effet, les sources de ces résidus ne pourront que gagner en importance dans les années et décennies à venir, les secteurs économiques de l'hygiène et de la santé n'étant pas promis à la décroissance. Vieillesse et accroissement de la population, incitations commerciales à l'usage de produits cosmétiques ou au recours à l'automédication, développement de l'hospitalisation à domicile, densification et accroissement de l'emprise urbaine, plausible recours croissant à l'élevage intensif ou à la réutilisation des eaux usées, tout concourt à une montée de la pression de ces résidus sur notre

environnement, sur la biodiversité, et par effet retour sur la santé de nos sociétés. Des négociations ont déjà lieu au niveau européen sur la façon d'encadrer les effets environnementaux de certaines activités de soin, et des initiatives sont également promues à ce sujet dans des plans nationaux en santé et environnement³¹. Il importe que ces éléments de décision soient éclairés par une information scientifique pertinente, et que les autorités de la santé et de l'environnement, les gestionnaires de bassins versants, de collectivités, de ressources ou d'ouvrages disposent d'outils éprouvés pour traiter ces sujets. ■

Remerciements et autres mentions

L'auteur tient à exprimer ses remerciements au professeur Yves Levi de l'université Paris-Sud pour ses

précieux conseils, et aux porteurs et équipes du dispositif « micropolluants des eaux urbaines » pour leurs contributions à la description de leurs projets. L'auteur remercie Magali Barnier de l'Agence de l'eau Loire-Bretagne, Katerine Lamprea Maldonado du ministère de l'Environnement, Nathalie Franques du ministère de la Santé et Estérelle Villemagne de l'AFB pour leurs relectures attentives de ce texte. Les remerciements vont également à Catherine Munsch et Céline Tixier de l'Ifremer, Fabrizio Botta et Valeria Dulio de l'Ineris, ainsi qu'à Anne Togola du BRGM et Sophie Lardy-Fontan du LNE pour leur aimable mise à disposition de certaines données présentées sur les figures de cette synthèse.

Liens d'intérêts : l'auteur déclare ne pas avoir de lien d'intérêt.

Références

1. Botta F, Dulio V. *Étude sur les contaminants émergents dans les eaux françaises*. Ineris, 2014, ref. DRC-13-136939-12927A http://www.onema.fr/sites/default/files/pdf/2014_006.pdf
2. Anses. *Campagne nationale d'occurrence des résidus de médicaments dans les eaux destinées à la consommation humaine*. Anses, 2011. <https://www.anses.fr/fr/system/files/LABO-Ra-EtudeMedicamentsEaux.pdf>
3. Lopez B, Lauren A. *Campagne exceptionnelle d'analyse des substances présentes dans les eaux souterraines de métropole*. BRGM, 2013. http://www.eaufrance.fr/IMG/pdf/campexESO_2011_201306.pdf
4. Legifrance. Arrêté du 7 août 2015 modifiant l'arrêté du 25 janvier 2010 établissant le programme de surveillance de l'état des eaux en application de l'article R. 212-22 du Code de l'environnement. 2015.
5. Munsch C, Tixier C, Pollono C, Bely N, Héas-Moisan K, Olivier N. *Veille sur les nouveaux polluants organiques persistants dans les mollusques marins*. Rapport de la convention ONEMA-Ifremer 2016. Ifremer, 2017.
6. Laurenson JP, Bloom R, Page S, et al. Ethinylestradiol and other human pharmaceutical estrogens in the aquatic environment: a review of recent risk assessment data. *AAPS J* 2014 ; 16 : 299-310.
7. Soulier A, Carrera L, Jarde E, Le Bot B, de Lavenne A, Jaffrezic A. *Diagnostiquer les pollutions diffuses des eaux superficielles par les résidus médicamenteux d'origine vétérinaire*. Inra, 2015. http://www.onema.fr/sites/default/files/pdf/2015_110.pdf
8. Afnor. Norme Afnor XP T90-223 février 2013 – Qualité de l'eau – Dosage de certains résidus médicamenteux dans la fraction dissoute des eaux – Méthode par extraction en phase solide et analyse par chromatographie en phase liquide couplée à la spectrométrie de masse en tandem (LC-MS/MS). 2013.
9. de Togola A, Budzinski H. Development of polar organic compounds integrative samplers for analysis of pharmaceuticals in aquatic systems. *Anal Chem* 2007 ; 79 : 6734-41.
10. Bressy A, Carré C, Caupos E, et al. Cosmet'Eau – Changes in the personal care product consumption practices: from whistle-blowers to impacts on aquatic environments. *Environ Sci Pollut Res Int* 2016 ; 23 : 13581-4.
11. Sanchez W, Sremski W, Piccini B, et al. Adverse effects in wild fish living downstream from pharmaceutical manufacture discharges. *Environ Int* 2011 ; 37 : 1342-8.

³¹ Voir notamment : action n° 46 du 3^e Plan nation santé-environnement : travailler sur la disponibilité et le partage de données permettant de connaître le danger et l'exposition pour les résidus de médicaments humains et vétérinaires dans les eaux ; actions du Plan national micropolluants 2016-2021 pour préserver la qualité des eaux et la biodiversité : (1) action 2 : mettre en œuvre les recommandations du guide relatif à la bonne gestion des déchets issus de médicaments et des déchets liquides dans les établissements de santé et médicosociaux, (2) action 7 : étudier la prise en charge des médicaments non utilisés des établissements de santé et médicosociaux et des centres de soins d'accompagnement et de prévention en addictologie et proposer des évolutions, (3) action 8 : tirer des conclusions de l'expérimentation sur la dispensation à l'unité des médicaments, (4) action 9 : étudier la pertinence de l'indice suédois de classement des substances actives en fonction de leur impact pour l'environnement et l'acceptabilité par les professionnels de santé de la mise en place d'un tel indice de classement des médicaments en France.

12. République française. Note technique du ministère de l'Environnement du 12 août 2016 relative à la recherche de micropolluants dans les eaux brutes et dans les eaux usées traitées de stations de traitement des eaux usées et à leur réduction, en application de l'arrêté du 21 juillet 2015 relatif aux systèmes d'assainissement collectif et aux installations d'assainissement non collectif (disponible sur LegiFrance, NOR : DEVL1620663N).

13. Bressy A, Carré C, Deroubaix JF, et al. *État de l'art sur les résidus de cosmétiques dans les milieux aquatiques*. Livrable 1 du projet Cosmet'Eau disponible sur demande auprès de l'auteur de la présente synthèse. Publication Université Paris Est Créteil, LEESU, 2015.

14. Lacour C, Lagarrigue C. *Quelle est l'efficacité d'élimination des micropolluants en station de traitement des eaux usées domestiques*. Synthèse du projet de recherche ARMISTIQ. Onema, Collection "Comprendre pour agir", 2014. <http://www.onema.fr/sites/default/files/ARMISTIQ-page.pdf>

15. Basilio L, Prost-Boucle S, Vasseur L, Villemagne E. *Les zones de rejet végétalisées : repères scientifiques et recommandations pour la mise en oeuvre*. Onema, collection "Comprendre pour agir", 2017. http://www.onema.fr/sites/default/files/pdf/CPA2017_Zones-rejets-vegetalisees.pdf.