



Conduire un **diagnostic** « micropolluants » sur un territoire urbain

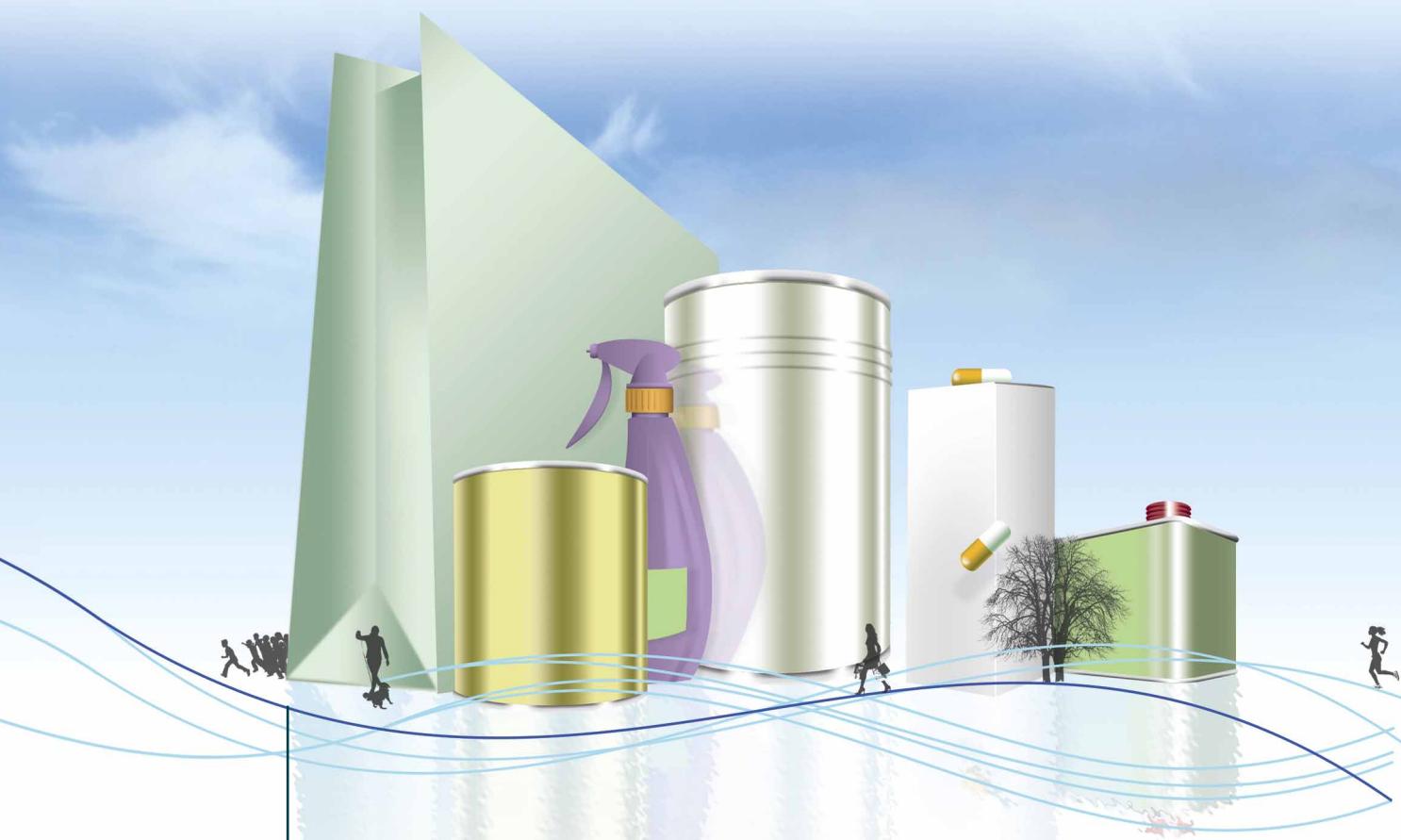
Retour d'expérience méthodologique du dispositif national
« lutte contre les micropolluants des eaux urbaines »

Pierre-François Staub, Marion-Justine Capdeville et Maxime Pomiès



Cet ouvrage poursuit la collection
Comprendre pour agir qui accueille
des ouvrages issus de travaux de recherche et
d'expertise mis à la disposition des enseignants,
formateurs, étudiants, scientifiques, ingénieurs
et des gestionnaires concernés par la biodiversité.
Il est consultable sur le portail technique de
l'Office français de la biodiversité
(<https://professionnels.ofb.fr/fr/node/1388>) ainsi
que sur le portail documentaire Eau & Biodiversité
(www.documentation.eauetbiodiversite.fr).

Conduire un **diagnostic** « micropolluants » sur un territoire urbain



Retour d'expérience méthodologique du dispositif national
« lutte contre les micropolluants des eaux urbaines »

Pierre-François Staub, Marion-Justine Capdeville et Maxime Pomiès



Préface

Perturbateurs endocriniens, microplastiques, nanoparticules, résidus de pesticides ou de médicaments... l'incidence environnementale de l'usage toujours croissant par nos sociétés d'une gigantesque panoplie de produits issus de l'industrie chimique s'avère plus que jamais un sujet d'actualité.

Pour faire face à ces défis, l'Union européenne a récemment adopté des orientations renforcées, telles que le « plan d'actions vers zéro pollution pour l'air, l'eau et les sols » (mai 2021), ou encore la « stratégie européenne de soutenabilité sur les produits chimiques » (octobre 2020), qui vont ces prochains mois et années se traduire par de nouvelles dispositions réglementaires, au bénéfice d'une moindre exposition des humains et de la biodiversité aux pollutions toxiques. En France, les mises à jour successives du plan national santé-environnement, renvoyant à différents plans sectoriels, ont permis de se saisir depuis plus de dix ans de ces problématiques de pollutions, dans une volonté de juguler le plus possible les pollutions à la source.

La ville, qui concentre les usages d'innombrables produits chimiques (usages domestiques, secteurs économiques ou de la santé, transports, construction et aménagement urbain...), est connectée à son environnement de diverses façons, et notamment par ses rejets d'eaux urbaines, qu'il s'agisse d'eaux usées ou pluviales. De ce fait, elle exerce une pression majeure sur les écosystèmes aquatiques, les stations de traitement des eaux usées (STEU) ne parvenant que partiellement à épurer la pollution due aux « micropolluants », résidus chimiques très diversifiés, et toxiques pour la biodiversité même en très petites quantités. Il était donc essentiel de chercher des moyens pour agir efficacement.

Depuis plusieurs années, la mise en œuvre nationale de la directive cadre sur l'eau (DCE) mobilise les collectivités urbaines sur le diagnostic et la lutte contre un certain nombre de ces micropolluants, grâce notamment au dispositif de recherche de substances dangereuses pour l'environnement en particulier dans les STEU de plus de 10 000 EH. En parallèle, dès 2013, le ministère de l'environnement, les agences de l'eau et l'OFB avaient conjointement lancé un appel à projets de recherche finalisée « Innovations et changements de pratiques » centré sur l'appropriation par les acteurs des territoires urbains de solutions pour diagnostiquer et réduire à la source les micropolluants. Cet appel avait pour objectif d'outiller les collectivités dans leur contribution aux objectifs environnementaux de la DCE et, au-delà, de répondre aux préoccupations de leurs concitoyens dans une perspective d'usage durable des produits domestiques ou professionnels dans la ville.

13 projets associant étroitement scientifiques et gestionnaires locaux avaient été retenus par ce dispositif, ils ont désormais livré leurs résultats. La présente synthèse propose une restitution inédite des expériences de ces 13 projets centrée sur les méthodes employées pour réaliser le diagnostic territorial des micropolluants à l'échelle urbaine. Le document s'inscrit pleinement dans l'ambition de la collection *Comprendre pour agir* de l'OFB, en fournissant aux décideurs locaux et aux acteurs techniques des territoires un cadre conceptuel pour mener à bien leur démarche de diagnostic. Les nombreuses ressources documentaires issues des 13 projets y sont méthodiquement référencées en s'attachant à pointer pour le lecteur les clés opérationnelles qu'elles contiennent, au fur et à mesure des étapes du diagnostic.

Cet ouvrage est en conséquence particulièrement précieux. Il s'adresse aux services des collectivités, bureaux d'études, acteurs associatifs, et à tous leurs partenaires des territoires. L'OFB et les agences de l'eau s'associent au ministère de l'Écologie pour formuler le souhait que cet ouvrage, qui capitalise autant d'expériences innovantes que de recommandations éprouvées sur le terrain, aide à identifier et prendre en compte la problématique des micropolluants plus aisément qu'aujourd'hui, en synergie avec les autres politiques locales citoyennes, de développement économiques, ou à visées environnementales.

Bonne lecture !



Pierre DUBREUIL, Directeur général



Sandrine ROCARD, Directrice générale



Martin GUTTON, Directeur général



Guillaume CHOISY, Directeur général



Laurent ROY, Directeur général



Thierry VATIN, Directeur général



Marc HOELTZEL, Directeur général



Résumé et mots clés

Ce recueil de la collection *Comprendre pour agir* s'attache à valoriser les enseignements opérationnels de treize projets territoriaux déployés en France entre 2014 et 2020. Plus spécifiquement ce document se concentre sur la mise en œuvre du diagnostic de l'émission et de la présence de micropolluants dans les eaux urbaines (réseau d'assainissement et eaux pluviales) et propose des pistes d'actions de réduction.

Dans un premier temps les enjeux environnementaux qui poussent la société à surveiller et gérer les micropolluants sont rappelés, en mettant notamment en avant les constats de dégradation des milieux dressés par l'application de la directive cadre sur l'eau. La contribution des rejets urbains à ce constat général y est introduite, en détaillant les diverses voies de transfert depuis les usages en ville jusqu'au milieu récepteur.

Une seconde partie rappelle la façon dont les politiques publiques se sont emparées de la question des micropolluants urbains, depuis l'échelle internationale jusqu'aux déclinaisons aux niveaux national et territorial. Des éléments de connaissances récents sur la perception du problème par les divers compartiments de la société y sont rapidement présentés, au croisement des préoccupations sanitaires et environnementales. Y est ensuite interrogé le rôle particulier que les collectivités territoriales sont amenées à jouer sur la question, les enjoignant à adopter une approche systémique pour tenir compte de la complexité et de la diversité des déterminants de ces pollutions (acteurs, usages, produits et matériaux).

Une troisième partie met en avant l'importance de raccorder la phase de diagnostic à la perspective d'actions ciblées de réduction des émissions de micropolluants. À cet égard plusieurs exemples sont donnés de territoires projets sur lesquels diverses catégories d'actions de réduction ont été identifiées, pour certaines introduites dans des plans d'actions opérationnels dont les conditions d'élaboration sont présentées. Cette partie montre en outre en quoi chaque type d'actions envisagées peut déterminer différentes approches de diagnostic : approche visant *a priori* des émetteurs spécifiques, ou approche déductive consistant à identifier les causes d'impacts préalablement identifiés.

La partie suivante propose une présentation ordonnée des nombreux éléments de connaissances livrés par les treize projets du dispositif Micropolluants des eaux urbaines et par d'autres sources bibliographiques pour la phase préparatoire au diagnostic. Un référentiel bibliographique est ainsi proposé, mettant en exergue les nouvelles connaissances apportées concernant les émissions de micropolluants par divers types de sources (ménages, industries, artisans, service de la collectivité,

secteur de la santé, source pluviale). Le texte pointe également les références qui fournissent la composition en micropolluants de divers types d'eaux urbaines (eaux usées domestiques, issues d'activités économiques, d'hôpitaux, eaux pluviales ruisselantes ou canalisées, déversoirs d'orage). Y sont aussi décrites les méthodes mises en œuvre par divers projets pour établir la liste des micropolluants sur lesquels conduire le diagnostic.

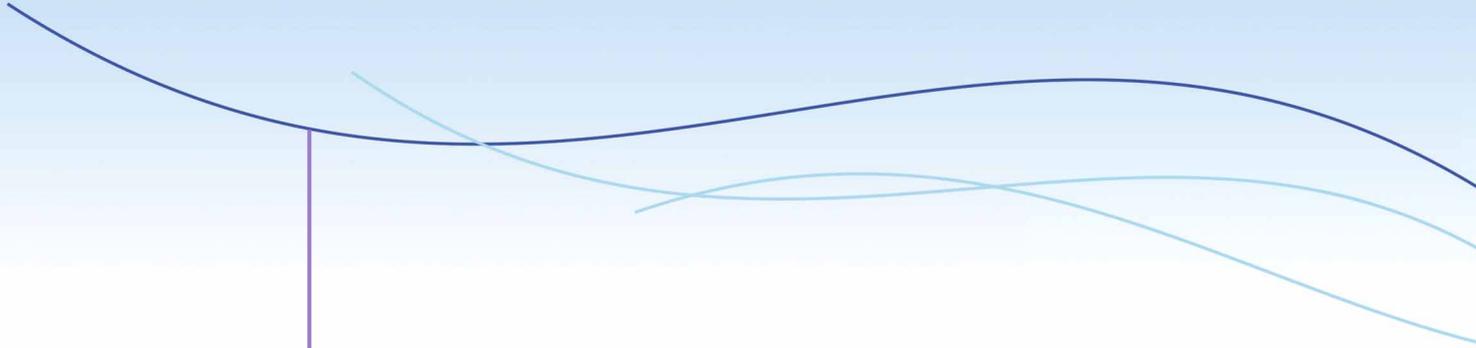
Une cinquième partie est consacrée à l'analyse spatiale des émetteurs de micropolluants sur le territoire urbain : quelles informations (bases de données) et quels outils numériques mobiliser pour prioriser les émetteurs de polluants susceptibles de faire l'objet d'actions de réduction ? Quelle méthodologie pour articuler ces informations ?

La sixième partie est dédiée aux outils de mesures chimiques et écotoxicologiques qui ont pu être éprouvés, parfois de façon pionnière s'agissant de la caractérisation d'eaux urbaines, au sein des treize projets. Y sont abordées l'optimisation de la stratégie d'échantillonnage, les options disponibles pour le prélèvement d'échantillons, et les nouvelles possibilités offertes en matière d'analyse chimique. Une section y est consacrée à l'utilisation d'outils de détection des effets biologiques (écotoxicité), en complément de l'analyse chimique, pour lesquels le dispositif Micropolluants des eaux urbaines aura constitué une opportunité inédite de déploiement généralisé.

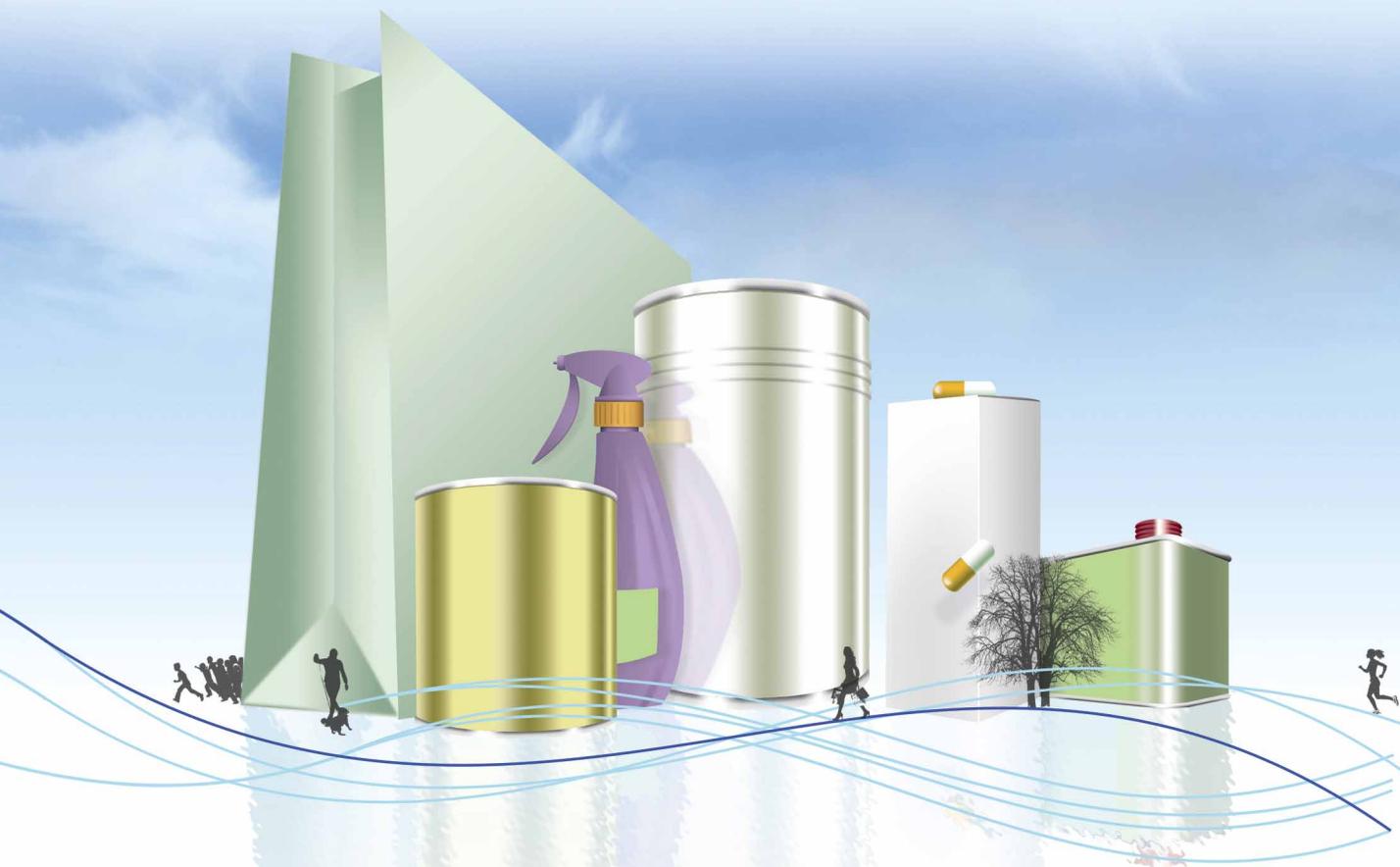
La dernière et septième partie expose les deux approches méthodologiques de diagnostic : approche dirigée par les pressions et celle par les impacts. Elle oriente le lecteur vers les différentes sections du document pour un déroulé du phasage de chacune de ces approches.

Mots clefs

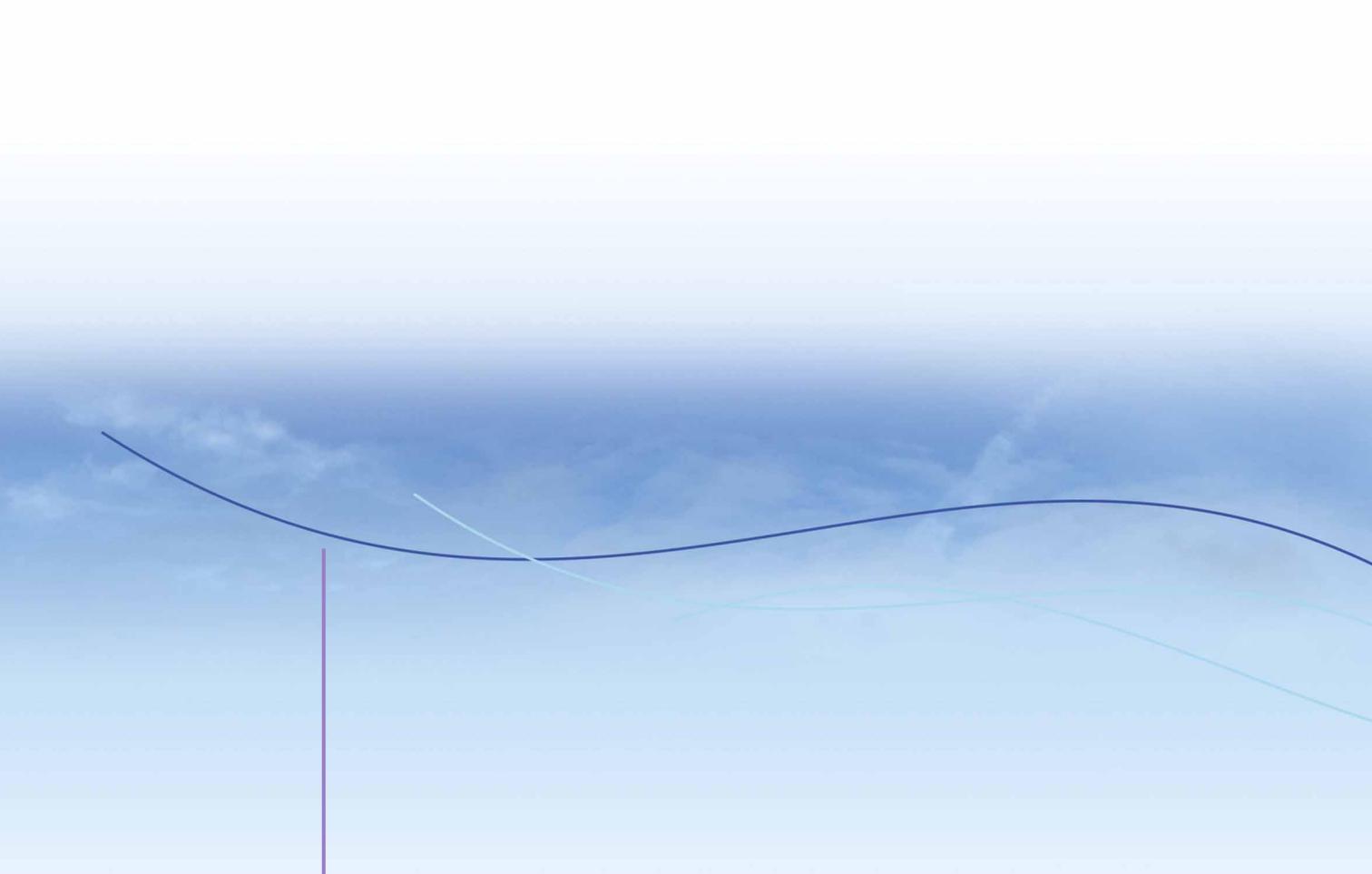
Micropolluants
Assainissement
Qualité de l'eau
Pollution
Eaux pluviales
Eaux usées
Diagnostic territorial



Sommaire



9	Comment utiliser ce recueil ?
11	1 - Les enjeux environnementaux des micropolluants
19	2 - Politiques publiques et contexte sociétal relatifs aux micropolluants urbains
29	3 - Un diagnostic, oui, mais pour quelle stratégie territoriale de réduction des pollutions ?
37	4 - Les éléments préparatoires au diagnostic
47	5 - Le volet spatial du diagnostic : comment localiser les activités, infrastructures ou zones les plus émettrices de micropolluants ?
55	6 - La consolidation du diagnostic par des mesures chimiques et écotoxicologiques
71	7 - Bilan méthodologique général des approches de diagnostic
73	Conclusions et perspectives
76	Annexes
96	Glossaire
98	Références



Comment utiliser ce recueil ?



Le présent document s'adresse à tous les acteurs des territoires (élus, services techniques des collectivités, délégataires de services publics, bureaux d'études, services de l'État, secteur associatif...) souhaitant contribuer à établir un diagnostic de la présence et des opportunités de réduction des micropolluants affectant la qualité des eaux usées et pluviales à l'échelle urbaine.

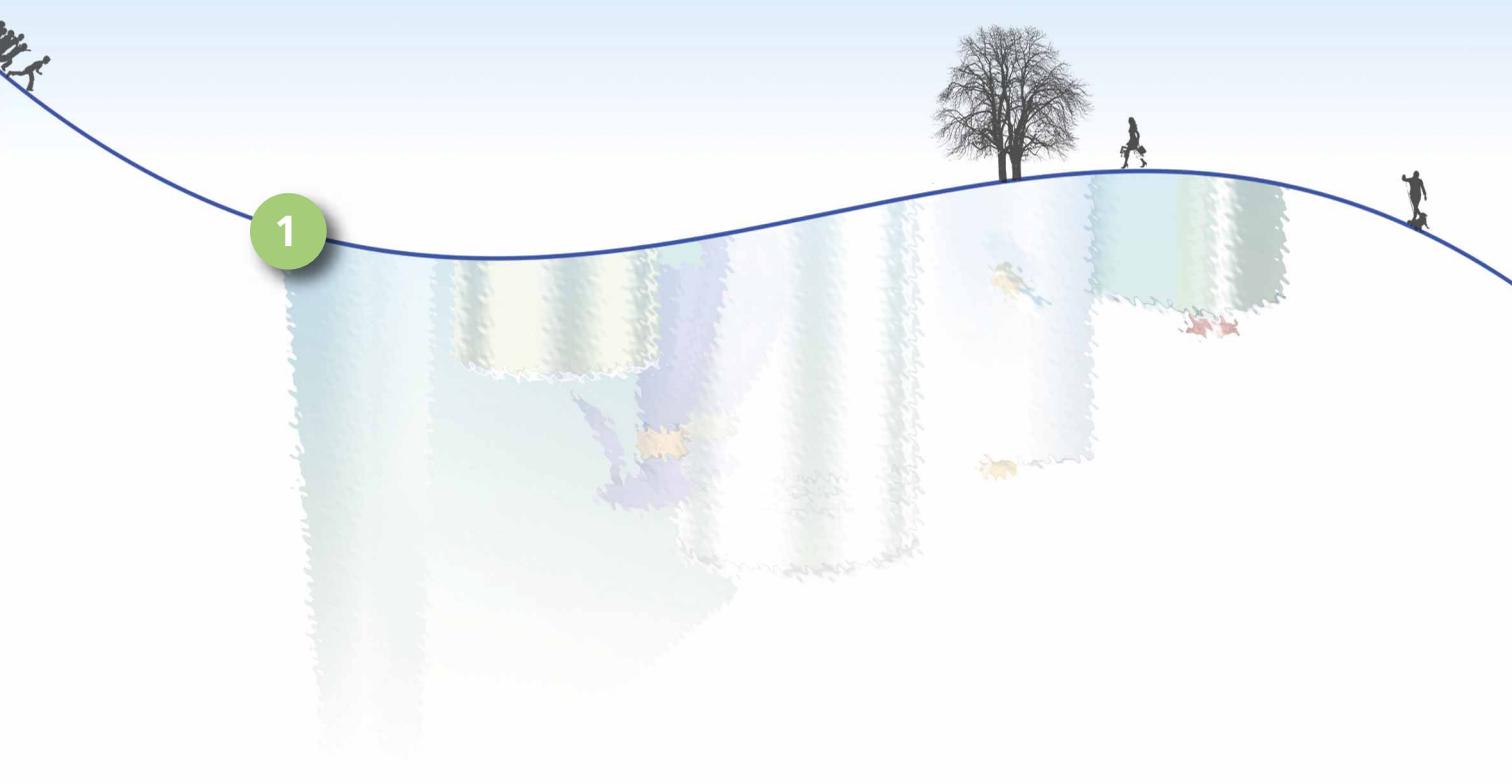
Il est constitué de trois premières parties introductives rappelant les enjeux écologiques, réglementaires et sociétaux associés à ces micropolluants, et l'intérêt de conduire un tel diagnostic territorial au regard des possibilités d'actions qui existent sur le territoire en matière de lutte contre ces pollutions.

Les trois autres parties fournissent des références et proposent des lignes directrices pour mettre en œuvre ce diagnostic des micropolluants des eaux urbaines : comment préparer le diagnostic, localiser les émetteurs significatifs de pollution, et le cas échéant comment effectuer des mesures de la qualité chimique et de la toxicité des eaux pour consolider ce diagnostic.

Ce document n'ambitionne pas de contenir à lui seul l'exhaustivité des éléments techniques permettant la mise en œuvre d'un tel diagnostic, mais il s'attache à identifier de façon précise les références existantes qui sont utiles à l'exécution des différentes étapes opérationnelles du diagnostic. Les références bibliographiques issues des 13 projets peuvent être retrouvées en pages 98 à 100. Les références issues d'autres sources sont données en pages 101 et 102. Le diagnostic se fonde pour cela en particulier sur le très important gisement de connaissances récemment mis à disposition via le dispositif « Innovation et changements de pratiques : lutte contre les micropolluants des eaux urbaines¹ », qui a permis de déployer entre 2014 et 2020 treize projets pilotes sur différents territoires français.

1 - <https://professionnels.ofb.fr/node/15>, Dispositif des 13 projets Micropolluants des eaux urbaines.

Les enjeux environnementaux des micropolluants



1

- 12 ■ Introduction
- 14 ■ A - L'impact des micropolluants vu au travers de l'application de la directive cadre sur l'eau en france
- 16 ■ B - La part des rejets urbains dans la pollution des milieux aquatiques



Introduction

La chimie de synthèse a permis ces dernières décennies d'accroître considérablement l'efficacité de nos actions quotidiennes, aussi bien domestiques que professionnelles. Ce faisant, elle a envahi nos modes de vie. Depuis 1970, à l'échelle mondiale la production de l'industrie chimique a été multipliée par 5, et par 3 dans les pays développés [1]*. Cette accélération, qui excède qualitativement celles des autres facteurs du changement global (émission de CO₂ ou d'éléments azotés), n'est pas appelée à diminuer. Ainsi, le nombre de molécules enregistrées au registre international des produits chimiques (CAS) est passé de 20 millions en 2000 à 180 millions en 2020. Plusieurs dizaines de milliers de ces molécules trouvent des applications commerciales et sont susceptibles de faire leur chemin vers les différents compartiments de l'environnement.

Ces composés chimiques sont en effet dispersés dans l'environnement, au stade de leur production, mais surtout lors de leurs usages. Le grand cycle de l'eau, qui draine autant nos sols agricoles que ceux de nos villes, et le petit cycle de l'eau qui assure l'hygiène et l'évacuation des effluents de nos habitations et lieux de travail, sont tous deux inévitablement contaminés par ces molécules de synthèse, ainsi que par certains composés naturels (comme les métaux ou les hormones) qui s'y trouvent concentrés à des niveaux anormalement élevés du fait des activités humaines. Il s'en suit alors une dégradation de la qualité des milieux qui reçoivent ces eaux, même après leur passage à travers les systèmes de traitement comme les stations de traitement des eaux usées (STEU), ou les déversoirs d'orage. Les composés qui parviennent ainsi jusque dans les milieux aquatiques ont souvent des effets néfastes sur la biodiversité à des concentrations très faibles (inférieures au µg/L) : on parle alors de **micropolluants**.

À titre d'illustration, une étude récente a montré que plusieurs centaines de contaminants détectés dans 3 grands fleuves européens étaient susceptibles d'interagir avec une centaine de processus biologiques différents régulant le métabolisme d'organismes vivant dans ces eaux [2].

Un effet notable désormais assez connu sur la biodiversité des micropolluants est la féminisation des poissons, avec par exemple le fait que dans certaines de nos rivières, les populations de gardons présentent un sexe-ratio modifié avec une proportion de mâles inférieure à 20 % de la population totale, ou des marqueurs d'intersexualité affectant jusque 50 % des mâles [3]. L'intersexualité peut mener à une diminution du succès reproducteur et conduire, localement, à l'effondrement de certaines populations de poissons.

Plus généralement, des chercheurs ont récemment estimé qu'un tiers de la variabilité dans l'état écologique des cours d'eau en Europe s'explique par la seule contamination chimique [4]. Cette pollution, au côté d'autres menaces connexes comme les contaminations en nanoparticules ou en microplastiques, est désormais identifiée parmi les menaces majeures qui pèsent mondialement sur la biodiversité des eaux douces [5].

Ces pollutions affectent aussi les ressources nécessaires à nos sociétés : eaux potables, pêche, aquaculture, activités nautiques, activités industrielles, irrigation, etc. Les actions vis-à-vis des micropolluants prennent toute leur importance dans les aires de protection des captages et pour les eaux de surface utilisées comme ressources d'eau destinée à la consommation humaine. Le contexte du changement climatique, avec la raréfaction de la ressource, donne encore plus d'importance à ces enjeux.

Les eaux pluviales et les eaux usées qui circulent dans les territoires urbains, de par l'accroissement de l'artificialisation des terres, la densité de population et la diversité des activités qui s'y déploient, constituent une pression majeure sur les milieux récepteurs. Les nombreux micropolluants transférés par ces rejets sont en outre potentiellement susceptibles de produire des effets « cocktails² », et d'aggraver de façon imprédictible l'état écologique des masses d'eau en aval.

* Les références peuvent être retrouvées en pages 98-100 pour les productions issues du dispositif Micropolluants des eaux urbaines, et pages 101-102 pour les autres sources.

Par ailleurs, des impacts sanitaires, directs ou indirects (par exemple le développement de bactéries pathogènes possiblement rendues résistantes aux antibiotiques contaminant les milieux où elles se développent) sont intimement associés aux effets environnementaux. Certains de ces composés de synthèse sont aussi retrouvés dans le corps humain et peuvent induire des effets nocifs reconnus par la communauté scientifique et les pouvoirs publics. C'est le cas par exemple de certains métaux comme le mercure (dont la voie d'exposition majoritaire est la consommation de poissons), ou de perturbateurs endocriniens (PE), tels les bisphénols ou les phtalates, qui ont récemment fait l'objet de campagne de biosurveillance humaine [6]. Les contaminations humaine et du milieu aquatique par ces composés partagent le plus souvent les mêmes origines, à savoir la présence de ces molécules dans les produits de consommation courante ou à usages professionnels.

Pour contribuer à la lutte contre ces périls, le ministère de l'Écologie, l'Office français de la biodiversité et les agences de l'eau ont lancé en 2013 un appel à projets intitulé « **Innovation et changements de pratiques : lutte contre les micropolluants des eaux urbaines** ». Cet appel a fait émerger 13 projets de recherche appliquée (Figure 1) portés par divers territoires de métropole et des Outre-mer et destinés à identifier des solutions pour réduire l'utilisation et le déversement de micropolluants dans les réseaux urbains et les milieux aquatiques qui y sont connectés.

Figure 1

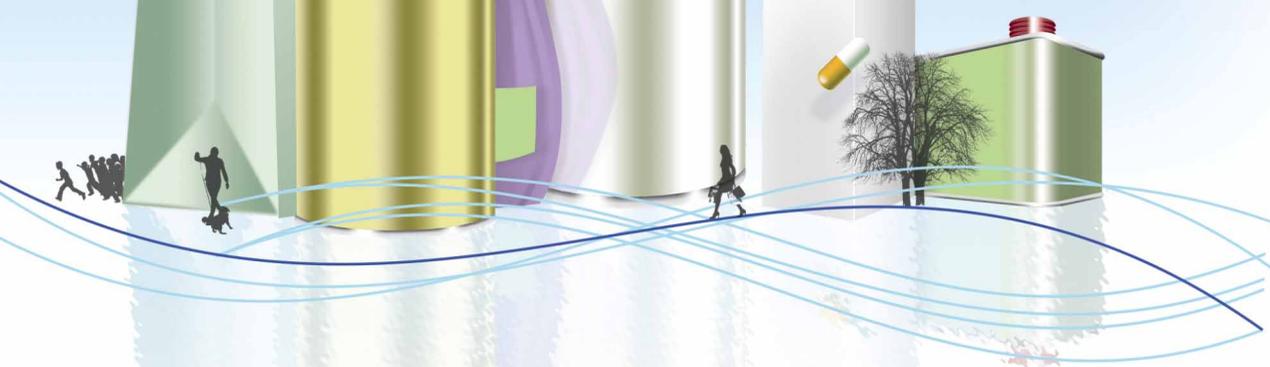


Dénomination et localisation métropolitaine (au niveau des grands bassins hydrographiques) et en outre-mer des 13 projets retenus dans le cadre du dispositif micropolluants des eaux urbaines.

Le présent ouvrage donne quelques exemples des approches de « diagnostics micropolluants » menées sur ces territoires, notamment dans le but de guider les collectivités dans la priorisation et le traitement des enjeux de pollution de leurs eaux.

L'ensemble des productions des 13 projets citées dans le présent document est téléchargeable sur une page dédiée du portail web professionnel de l'OFB³, rubrique « Résultats ». Ces productions seront dans la suite identifiées comme suit : [Nom du projet, x], où « x » est le numéro de la production dudit projet dans la liste des références donnée en fin de document.

Dans la suite du document, l'acronyme MdEU sera utilisé pour désigner le dispositif Micropolluants des eaux urbaines issus de l'appel à projets en question.



A - L'impact des micropolluants vu au travers de l'application de la directive cadre sur l'eau en France

La surveillance et l'évaluation de la qualité chimique des milieux aquatiques sont essentiellement régies en Europe par la directive cadre sur l'eau (DCE, UE/2000/60).

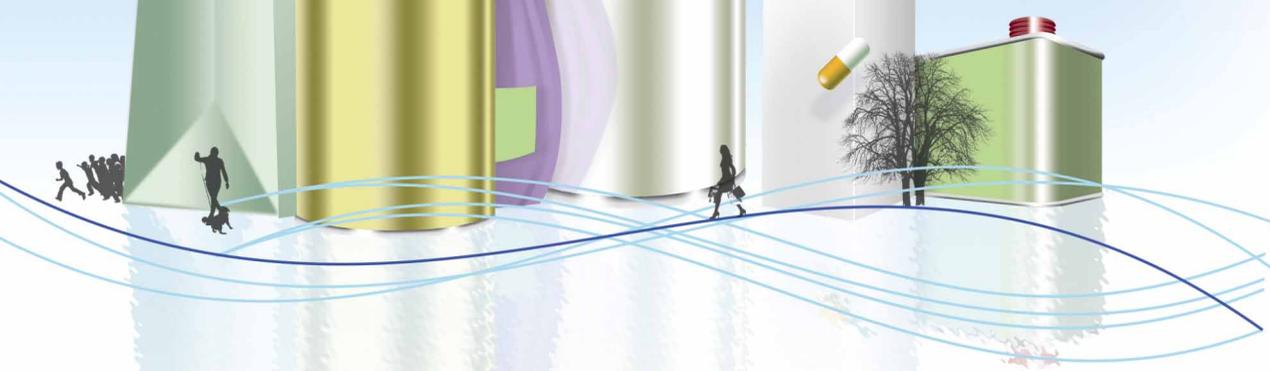
À l'échelle nationale, la surveillance DCE des eaux de surface mettait en évidence, en 2015, que près de 16 % des masses d'eau étaient dégradés en termes de qualité chimique, sur la seule prise en considération d'une quarantaine de contaminants prioritaires. La DCE donne la priorité à la protection de l'environnement et à une utilisation durable de l'eau, en demandant de veiller à la non-dégradation de la qualité des milieux aquatiques. L'objectif est d'atteindre un bon état général tant pour les eaux souterraines que pour les eaux superficielles, y compris les eaux estuariennes et côtières.

Le tableau 1 liste les principaux contaminants (ci-contre), repérés par divers dispositifs de suivis rattachés à la DCE, comme susceptibles d'induire des dysfonctionnements écologiques dans les cours d'eau français. Les divers dispositifs de suivis DCE auxquels ces informations réfèrent sont le contrôle de surveillance réglementaire (États chimique et écologique DCE, et Substances pertinentes à surveiller « SPAS », [7, 8]), la liste de vigilance européenne [9] et la récente campagne nationale de surveillance prospective « EMNAT 2018 » [10].

Tableau 1. Principaux contaminants, repérés par divers dispositifs de suivis rattachés à la DCE, comme susceptibles d'induire des dysfonctionnements écologiques dans les cours d'eau français

Familles	Micropolluants	Activités ou usages à l'origine des émissions	Suivis DCE
Métaux	Ag	Électricité et électronique, bijouterie, alliage, photographie (en déclin) Le nano-argent : biocide, textile, électronique et électroménager, emballages alimentaires	SPAS
	Zn	Toiture, transports	État écologique
	Cu	Métallurgie, gouttières, matériel électrique, électronique, peintures, pigments et poudres, insecticides, ...	État écologique
	Pb	Accumulateurs, peintures, anciens systèmes de canalisations et PVC, toitures (ardoises), trafic automobile.	État chimique
	Cd	Gaz d'échappement, usure des pneus, lavage de voitures, accumulateurs	État chimique
Plastifiants	DEHP	Additifs plastiques, peintures, encres, laques, vernis, colles, adhésifs, céramiques à application électrique, fluides diélectriques, papier	État chimique
Alkylphénols	Nonylphénol NP	Traitement du bois, émulsifiants, carburants, synthèse et fabrication de multiples produits et matériaux, etc...	État chimique
Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)	Benzo[a]pyrène	Incinération, chauffage, combustion de carburant, fuites d'huiles de moteur, perte d'essence, gaz d'échappement, sous-produits de combustion	État chimique
	Benzo[g,h,i]pérylène		État chimique
	Fluoranthène	Idem + traitement du bois	État chimique
Phytosanitaires	Imidaclopride	Insecticides	Liste de vigilance UE
	Thiaclopride	Insecticides	Liste de vigilance UE
	Chlordécone	Insecticides	État écologique
	Cyperméthrine	Insecticides	État chimique
	Métolachlore	Herbicides	SPAS
	Propyzamide	Herbicides	SPAS
	Diméthénamide	Herbicides	SPAS
	Terbutylazine	Herbicides	SPAS
	Aminotriazole	Herbicides	État écologique
Diflufénicanil	Herbicides	État écologique	
Tensio-actifs	LAS C10-C13 (acides benzène sulfonique, tensioactifs anioniques)	Agents tensio-actifs anioniques - produits de lavage et de nettoyage	EMNAT 2018
Biocides	Octylisothiazolinone	Antimicrobiens	EMNAT 2018
	Méthyl nonyl kétone	Répulsifs pour animaux domestiques	EMNAT 2018
	Fipronil	Insecticides	EMNAT 2018
Pharmaceutiques	Carbamazépine	Antiépileptiques	SPAS
	Oxazépam	Antidépresseur	SPAS
	Azitromycine	Antibiotiques	Liste de vigilance UE
	Clarithromycine	Antibiotiques	Liste de vigilance UE
	Diclofénac	Analgésique - Anti-inflammatoire	SPAS & Liste de Vigilance UE
Hormones	Oestrone	Hormone estrogénique naturelle féminine, Rejets humains et animaux	Liste de vigilance UE
	Oestradiol	Hormone estrogénique naturelle féminine, Rejets humains et animaux	Liste de vigilance UE

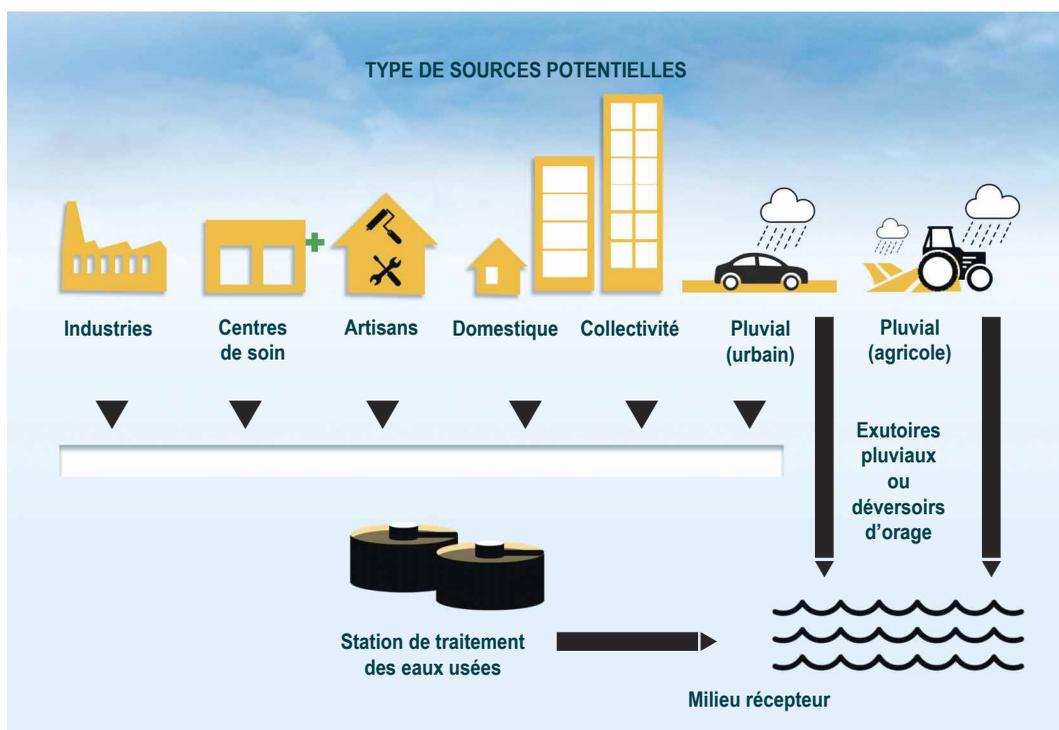
Ce tableau illustre bien la diversité des usages qui génèrent ces micropolluants, qu'il s'agisse d'activités urbaines domestiques ou professionnelles, industrielles ou agricoles.



B- La part des rejets urbains dans la pollution des milieux aquatiques

Les sources de micropolluants sur un territoire urbanisé sont très nombreuses. Il est néanmoins possible de les catégoriser par types d'activités (usages domestiques, industries, ou activités collectives) ou d'aménagements (bâti, voirie, espaces verts, etc...). Les micropolluants issus de ces sources sont véhiculés ensuite par les eaux usées et/ou les eaux pluviales / de ruissellement. La figure 2, empruntée au projet Regard conduit sur le territoire de Bordeaux Métropole, illustre ces flux et leurs différents trajets vers le milieu aquatique récepteur.

Figure 2



© Marion-Justine Capdeville, Suez

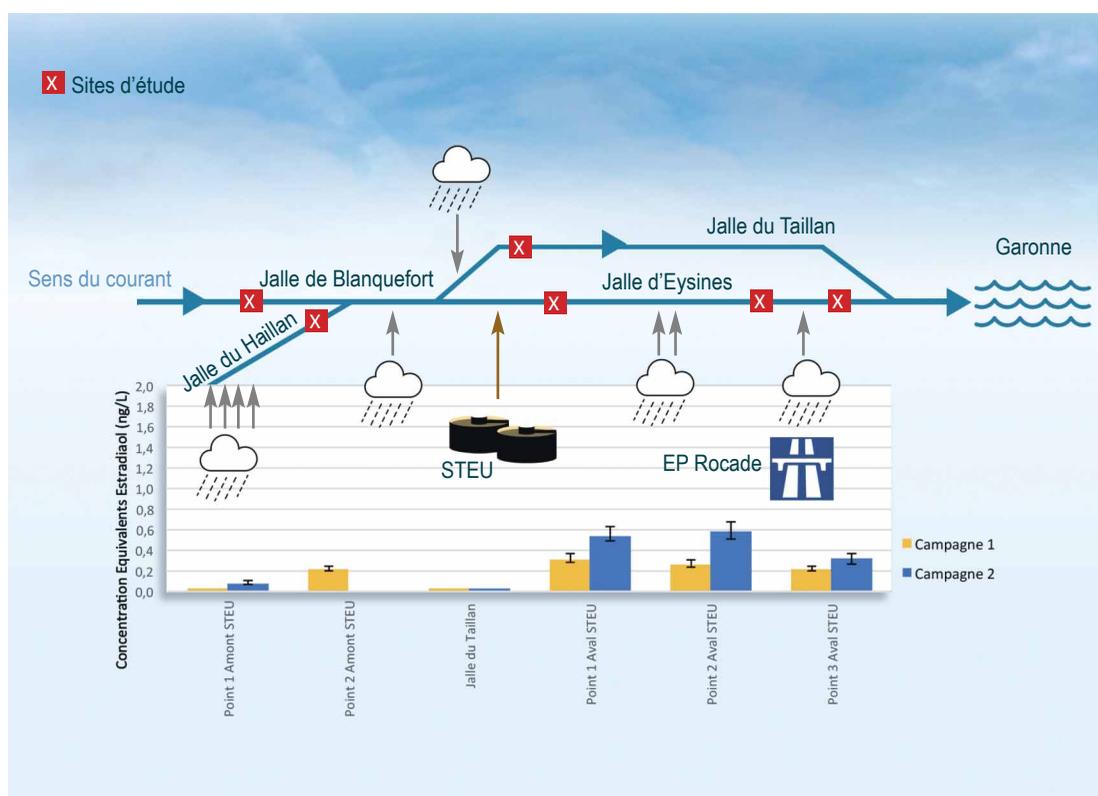
Les deux grands canaux de transfert de micropolluants vers le milieu récepteur : réseau d'assainissement et réseau pluvial.

L'empreinte écologique spécifique des rejets de micropolluants urbains à l'échelle d'un cours d'eau n'est pas facile à établir, compte tenu des nombreux facteurs confondants qui peuvent influencer.

Les faisceaux d'indices apportés par de nombreuses études scientifiques depuis les années 2000 ont néanmoins déjà poussé certains pays comme la Suisse ou les Pays-Bas à équiper certaines de leurs STEU de traitements avancés pour réduire le rejet dans les cours d'eau des micropolluants. De premiers résultats ont indiqué un net regain en termes de potentiel écologique à l'aval [11], en lien avec la réduction de la pression toxique exercée par des herbicides ou des antibiotiques.

En France, la stratégie actuellement en vigueur est adossée au dispositif RSDE-STEU (Recherche et réduction de substances dangereuses pour l'environnement [12]) qui se concentre sur une centaine de polluants définissant l'état chimique DCE, ou d'origines industrielles. Cette approche ne tient toutefois compte que d'une faible partie des composés et de leurs produits de transformation transitant au travers des STEU, et susceptibles d'impacter les milieux récepteurs. De plus, ce dispositif RSDE STEU ne concerne que les plus grosses stations d'épuration de plus de 10 000 EH. Des composés non encore ciblés par la réglementation sont souvent les plus contributeurs à des effets écotoxiques, aujourd'hui détectables et quantifiables par l'utilisation d'outils de diagnostic issus de la recherche. Une illustration est fournie par la figure 3, restituant la manifestation d'effets de perturbation endocrinienne dans la Jalle de Blanquefort à l'aval du rejet d'une STEU bordelaise, à l'aide d'outils biologiques spécifiquement développés à cette fin [Regard, 13]. L'analyse conduite a indiqué que les seuls polluants RSDE/DCE actuellement réglementés ne peuvent expliquer de tels effets observés dans le milieu, et qu'il convient dès lors d'investiguer l'influence de contaminants émergents.

Figure 3



Mise en évidence lors de deux campagnes successives d'un potentiel accru de perturbation endocrinienne, exprimé en équivalents de concentration d'estradiol (E2-Eq en nanogrammes par litre) à l'aval d'une station de traitement des eaux usées (STEU) bordelaise déversant ses eaux traitées dans la Jalle de Blanquefort. L'axe horizontal correspond à des positions longitudinales amont-aval croissantes [Regard, 13].

Une observation similaire a pu être faite au niveau de la Seine dans le cadre du projet parisien Cosmet'eau [Cosmet'eau, 1], avec une aggravation sensible des résultats de tests estrogéniques entre l'amont (site d'Ablon-sur-Seine) et l'aval (site d'Andrésy) de la capitale, traduisant un rejet significatif de perturbateurs endocriniens.

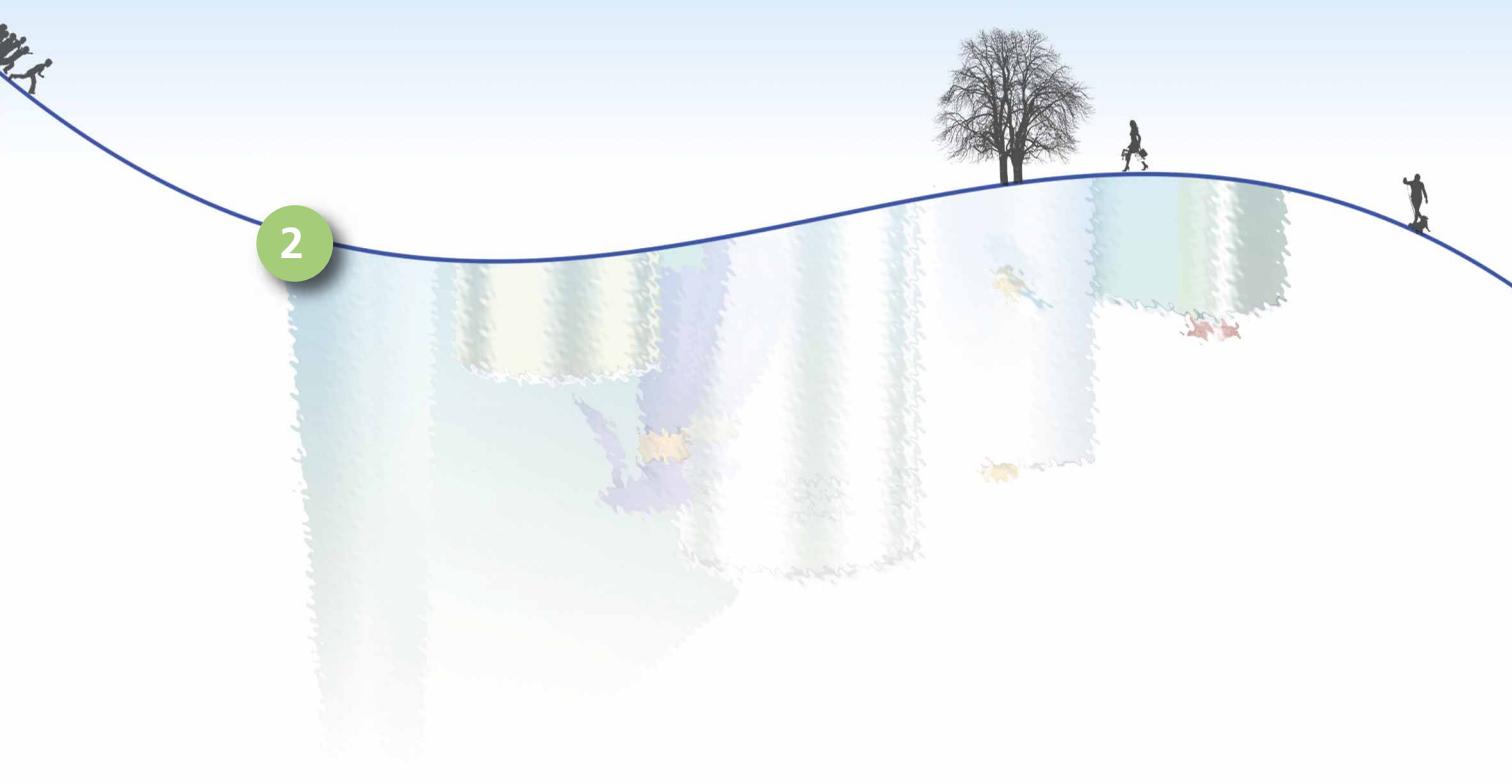
Mentionnons aussi que beaucoup de micropolluants qui traversent les STEU sont des composés très mobiles, ce qui leur confère l'aptitude de contaminer des forages en nappes alluviales à l'aval des STEU, (avec des temps de transit parfois inférieurs à quelques jours) ou des prises d'eau en eau superficielle de ressources d'eau potable. C'est le cas pour des résidus de médicaments comme la Carbamazépine (antiépileptique) ou le Sulfaméthoxazole (antibiotique). [13].

Enfin, en parallèle des rejets transitant via les STEU, des flux importants d'eaux polluées rejoignent directement le milieu récepteur via les exutoires d'eaux pluviales, après avoir préalablement ruisselé et lessivé les surfaces contaminées du bâti et des infrastructures de la ville. Par temps de pluie intenses, les capacités des réseaux d'assainissement, lorsqu'ils sont unitaires, sont aussi fréquemment saturées, et des flux polluants soudains et importants peuvent ainsi échapper à tout traitement pour rejoindre des déversoirs d'orage ou d'autres aménagements de stockage provisoires, pour ensuite rejoindre le milieu dans des temps plus ou moins longs. Des flux excédentaires peuvent également être détournés vers le milieu en tête de STEU (« bypass »). Ces flux de temps de pluie peuvent représenter des apports polluants tout à fait significatifs [30].



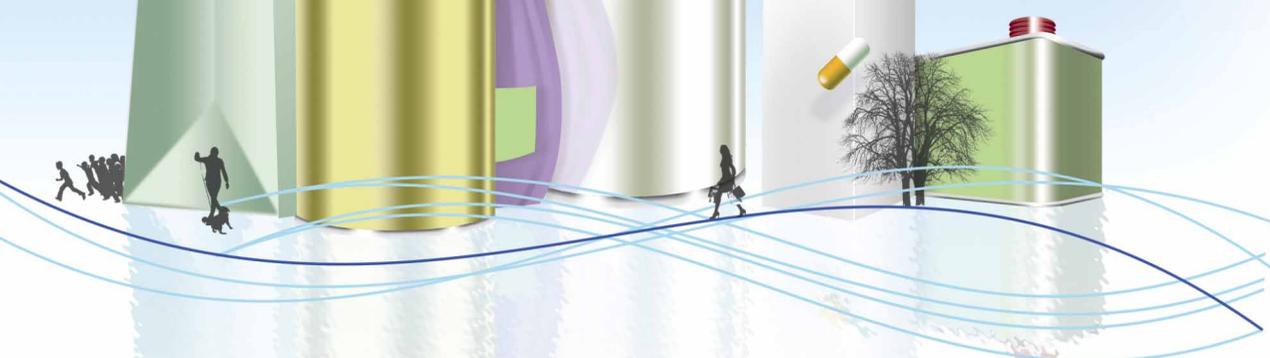
Ruissellement polluant résultant de l'utilisation de produits biocides pour le nettoyage des bâches en devanture commerciale.

Politiques publiques et contexte sociétal relatifs aux micropolluants urbains



2

- 20 ■ A - Quelle prise en compte des micropolluants urbains dans les politiques publiques?
- 24 ■ B - Les enjeux sociétaux associés aux micropolluants urbains
- 26 ■ C - Les collectivités territoriales face aux micropolluants



A - Quelle prise en compte des micropolluants urbains dans les politiques publiques?

Au niveau mondial, le programme de développement durable à l'horizon 2030 a été adopté en septembre 2015 lors d'un sommet historique des Nations unies. Au 1^{er} janvier 2016, les 17 objectifs de développement durable (ODD) sont entrés en vigueur. Trois de ces ODD traitent directement des questions de pollutions chimiques, notamment aquatiques :

- ODD n°6 - Eau propre et assainissement ;
- ODD n°12 - Consommation et production durable ;
- ODD n°14 - Vie marine.

Figure 4

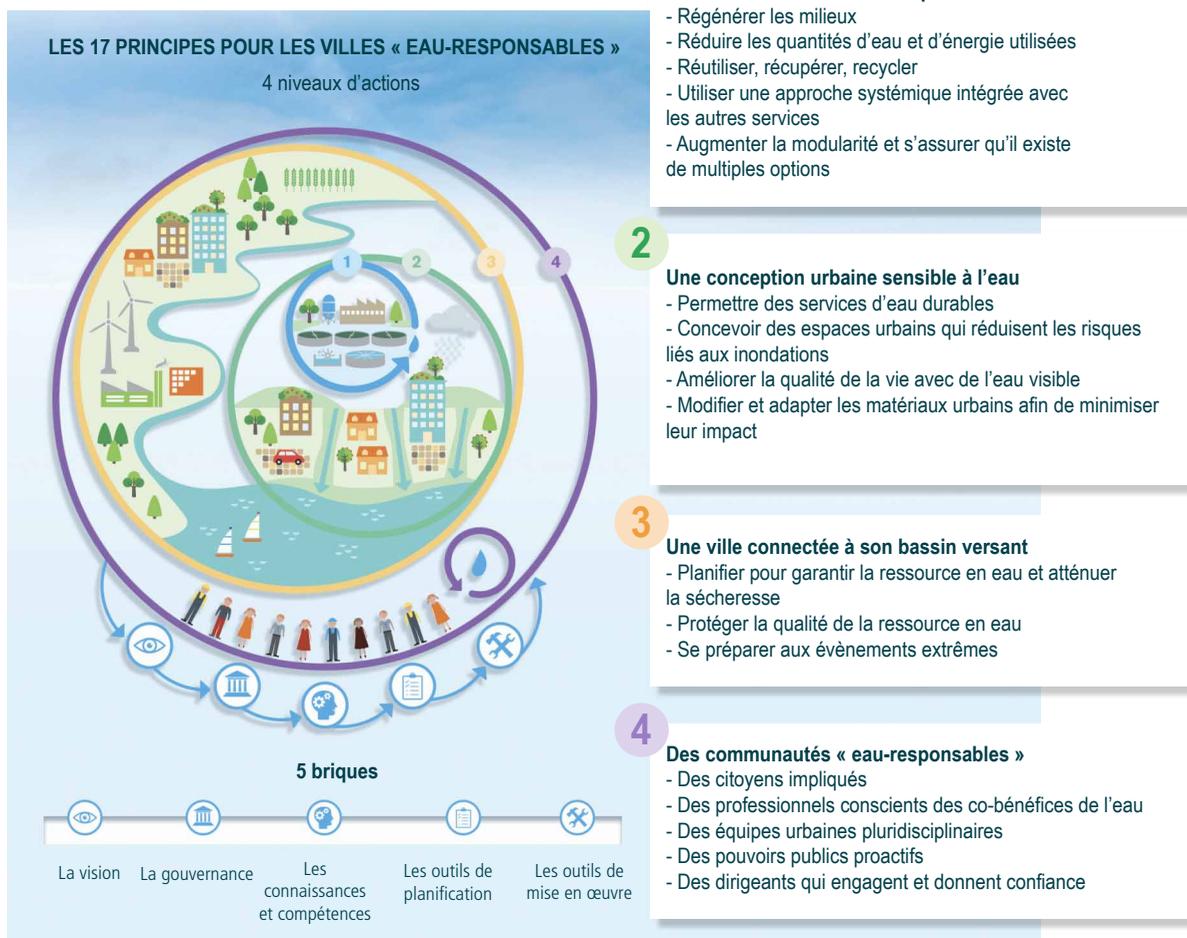
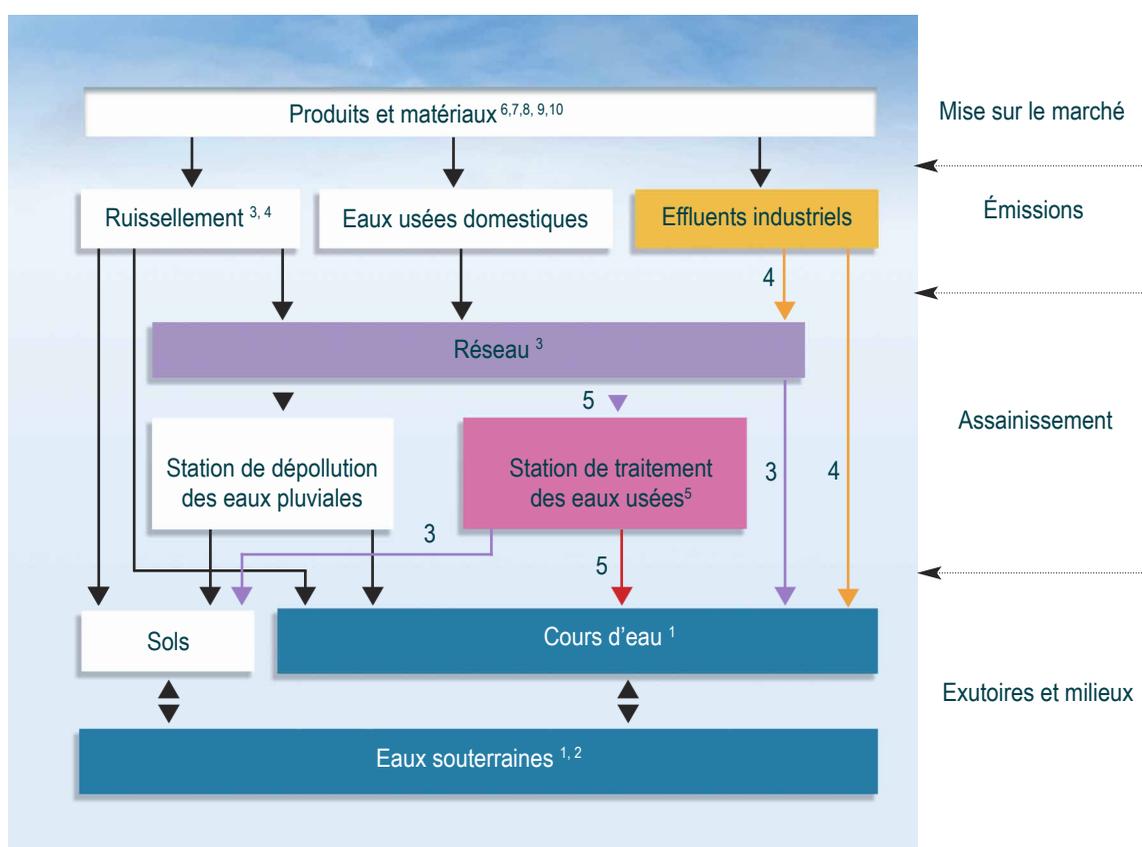


Illustration des principes emboîtés de la charte IWA « Villes eau-responsables » : 1- Des services d'eau durables pour tous ; 2- Une conception urbaine sensible à l'eau ; 3- Une ville connectée à son bassin versant ; 4- Des communautés « eau-responsables ». Source IWA, *Principles for Water-Wise Cities*, 2016.

Les villes sont bien entendu des acteurs majeurs de cette lutte pour la qualité de l'eau. L'*International Water Association* (IWA) a décliné les ODD en plusieurs principes de la gestion durable et responsable de l'eau en milieu urbain (Figure 4). Ces principes prennent la forme de la Charte « Ville eau-responsable » promue en France par l'Astee⁴. Plus de 40 collectivités françaises y ont déjà adhéré pour affirmer leur volonté de mieux prendre en compte dans leurs politiques les problématiques de l'eau, de la gestion durable des ressources, de l'amélioration de la qualité de vie des citoyens et de l'augmentation de la résilience des territoires.

Au niveau européen, une contribution majeure à l'objectif d'abaissement des niveaux de pollution des écosystèmes aquatiques a été apportée par la DCE, via la notion de bon état chimique des masses d'eau qui y est associée, et de par les finalités qu'elle porte en termes de suppression/réduction des émissions de substances prioritaires. La figure 5, adaptée de l'ouvrage Arceau-OFB « *Que sait-on des micropolluants dans les eaux urbaines ?* » [21] illustre la façon dont la DCE s'articule avec d'autres instruments réglementaires européens ou nationaux pour couvrir la gestion de la qualité des eaux et des effluents dans les divers compartiments urbains et environnementaux, en considérant le cycle de vie des produits chimiques depuis leur mise sur le marché jusqu'au rejet de leurs résidus sous forme de micropolluants dans les milieux.

Figure 5



Représentation des compartiments environnementaux et urbains, et de la réglementation en vigueur sur les micropolluants. N°1 : directive cadre sur l'eau 2000/60/CE et arrêtés afférents surveillance et évaluation du 25/01/2010 ; N°2 : directive eaux souterraines 2006/118/CE, et arrêté afférent du 17/12/2008 ; N°3 : arrêté assainissement du 21/07/2015 ; N°4 : arrêté ICPE du 24/08/2017. N°5 : note technique STEU du 12/08/2016 [12] ; N°6 : règlement REACH sur l'enregistrement et l'évaluation des produits chimiques n°1907/2006 ; N°7 : règlement sur l'évaluation des produits phytosanitaires N°1107/2009 ; N°8 : règlement sur l'évaluation des produits biocides 528/2012 ; N°9 : directive médicaments à usage humain 2001/83/CE ; N°10 : directive médicaments à usage vétérinaire 2001/82/CE.

Tous les micropolluants ne sont toutefois pas gérés avec le même niveau d'exigence réglementaire, et certains, souvent qualifiés d' « émergents », ne font aujourd'hui encore l'objet que de politiques publiques plus exploratoires. C'est le cas par exemple pour les résidus de médicaments, pour lesquels une approche stratégique relative aux produits pharmaceutiques dans l'environnement n'a été présentée par la Commission européenne qu'en début 2019 [14]. Celle-ci recense plusieurs domaines d'action concernant toutes les étapes du cycle de vie des produits pharmaceutiques dans lesquels des améliorations peuvent être apportées. Cette stratégie promeut notamment :

- une sensibilisation accrue du public, y/c professionnels de santé, à l'impact environnemental de ces composés ;
- l'inclusion des composés pharmaceutiques dans la DCE, et l'extension du monitoring des résidus de médicaments à d'autres compartiments que l'eau ;
- l'amélioration de l'évaluation du risque environnemental des médicaments ;
- le renforcement du lien avec la mise en œuvre de la directive eaux résiduaires urbaines.

En France, le plan national santé environnement (PNSE) favorise une approche systémique des liens santé-environnement à travers des actions transversales sur l'information, la formation, les connaissances, la recherche, la substitution, la réduction des inégalités territoriales de santé, etc. Il sert de plan « chapeau » à plusieurs plans nationaux relatifs à la pollution chimique et à ces effets, notamment :

- le plan national de lutte contre les micropolluants ;
- la stratégie nationale perturbateurs endocriniens (SNPE2) ;
- le plan Écoantibio 2 ;
- le plan Écophyto 2 ;
- le plan national de surveillance de la qualité de l'air ambiant ;
- le plan biodiversité ;
- la feuille de route antibiorésistance ;
- la feuille de route économie circulaire ;
- les Assises de l'eau, etc.

La quatrième version du PNSE (parue en mai 2021) identifie un certain nombre d'actions phares directement en prise avec la question des micropolluants, qu'il s'agisse des substances dangereuses présentes dans les objets du quotidien, ou de l'usage éclairé des produits détergents et biocides.

Pour être pleinement efficace, la dynamique territoriale du PNSE inclut plusieurs niveaux de collectivités : régions, départements, communes et intercommunalités... En 2021, 15 plans régionaux santé environnement sont déjà approuvés ou élaborés.

C'est dans ce même esprit que le plan national de lutte contre les micropolluants [15] a encadré depuis 2013 l'appel à projets « Innovation et changements de pratiques » dédié à la problématique de la pollution des eaux urbaines par des micropolluants, donnant lieu au dispositif MdeU dont les résultats constituent le socle du présent ouvrage.

Plus généralement, ce même plan micropolluants accompagne les dispositions de la DCE relatives aux objectifs de suppression ou de réduction de substances prioritaires. Ces dispositions trouvent en France leur traduction au sein des schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) qui sont des plans de gestion à l'échelle des grands bassins hydrographiques, et dans les plan d'actions opérationnels territoriaux (PAOT), qui déclinent à l'échelle locale les programmes de mesures des SDAGE.

En articulation avec ces objectifs, et s'agissant des pollutions d'origines urbaines, le ministère de la Transition écologique (MTE) pilote notamment la mise en œuvre du dispositif RSDE-STEUE [12], déjà évoqué plus haut. Depuis 2016, ce dispositif vise à l'élaboration de plans d'actions territorialisés pour la réduction des émissions de micropolluants identifiés comme significatifs. Il se veut cyclique (adossé aux cycles de la DCE : 2016-2021, 2022-2027...). Il prévoit pour chaque cycle :

■ une phase de six campagnes de mesures chimiques dans les eaux d'entrée et de sortie de STEU portant sur une liste définie de substances (en particulier celles définissant l'état chimique DCE des eaux de surface). Cette phase se déroule sur une année. Les résultats d'analyses sont confrontés à des seuils de concentration et de flux permettant d'identifier les substances qualifiées de « significatives » sur lesquels la phase suivante va porter. La liste de substances à investiguer sera mise à jour pour chaque nouveau cycle ;

■ une phase de diagnostic vers l'amont qui vise à identifier les principales sources d'émissions des substances qualifiées de significatives sur le territoire étudié et à proposer un plan d'action de réduction adapté. Le diagnostic amont RSDE consiste à identifier des contributeurs potentiels aux rejets en réseau d'assainissement de ces substances, sur une base cartographique du territoire, avec réalisation éventuelle d'analyses chimiques complémentaires en certains points du réseau pour affiner les prédictions ou constats d'émissions. Ces diagnostics sont à conduire pour les STEU avec une capacité nominale supérieure ou égale à 600 kgDBO5/j.

Enfin, notons que dans un cadre plus élargi, la lutte contre les micropolluants peut entrer à l'échelle locale dans les feuilles de route environnementales des collectivités. En effet de plus en plus de collectivités adoptent un plan climat énergie territorial (PCAET ; plus de 700 collectivités déjà impliquées début 2020) qui identifie les enjeux environnementaux spécifiques du territoire, des objectifs et un plan d'action. Identifier les micropolluants comme sujet transversal dans une feuille de route locale constitue une opportunité importante pour assurer leur prise en compte dans la déclinaison d'actions relatives à chaque thématique environnementale : eau, déchets, santé environnementale, etc.



B - Les enjeux sociétaux associés aux micropolluants urbains

Un diagnostic territorial micropolluants ne se limite pas aux seuls aspects sources et transferts de pollutions : il s'agit également d'appréhender dans quelle mesure il est possible de mobiliser les professionnels et usagers de produits polluants dans des changements de pratiques, ce qui renvoie à leur capacité à comprendre ces enjeux et à y répondre.

Le diagramme de la figure 6, issu du projet Regard [Regard, 1], illustre la diversité des enjeux associés à la perception des micropolluants dans divers domaines qui déterminent notre vie contemporaine. Les enjeux « sociétaux » se rapportent à la conscientisation des citoyens, à leur responsabilisation, au rôle de la société civile et des différents « prescripteurs » de comportements (associations, politiques, scientifiques mais aussi médias ou agents de marketing).

Figure 6



Éventail des enjeux associés à la perception des micropolluants dans divers domaines professionnels et sociétaux.

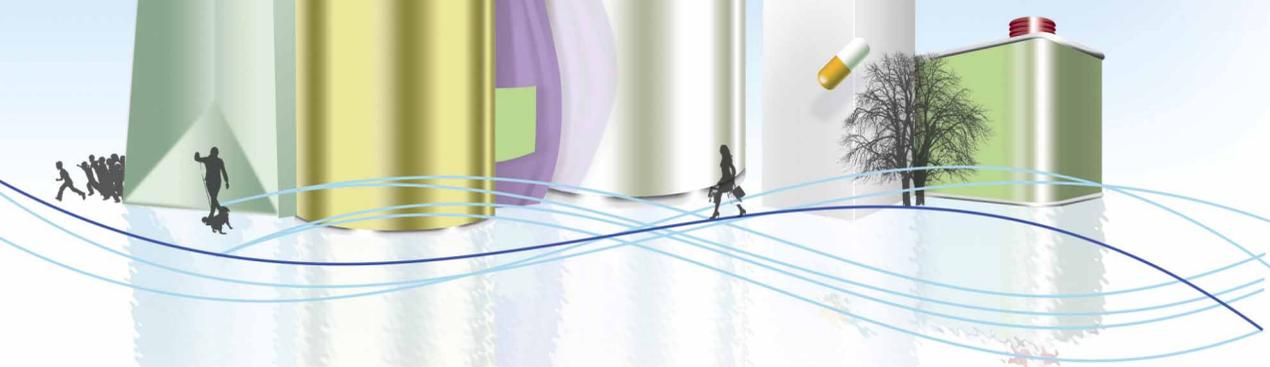
Plusieurs projets du dispositif MdEU ont abordé la question des micropolluants d'un point de vue sociologique, afin notamment de mieux cadrer le développement d'outils pédagogiques ou de communication visant à réduire les utilisations des produits chimiques dans notre vie quotidienne. La page du portail web professionnel de l'OFB « La société face aux micropolluants⁵ » livre les résultats de ces investigations : mise à l'agenda politique et territorial des micropolluants, perception de la population citadine de ces enjeux, et conditions de l'effectivité de changement des pratiques des usagers des produits polluants, à commencer par nous tous « consommateurs ». Une synthèse de ces enseignements est d'ores et déjà disponible dans la collection *Comprendre pour agir* de l'OFB [16].

À noter que certains des projets du dispositif MdEU, comme Rilact [Rilact, 1] ou Rempar [Rempar, 1], se sont spécifiquement intéressés à l'émergence dans les esprits du risque lié aux résidus de médicaments rejetés dans les eaux.

La prise de décision locale concernant les micropolluants.

Voici quelques exemples de questionnements susceptibles d'interroger les élus et décideurs locaux, et de les orienter dans une démarche de diagnostic et de gestion en matière de micropolluants urbains.

- Quels sont les enjeux (réglementaires, sanitaires, écologiques, économiques) associés à la qualité chimique des eaux transitant sur le territoire ?
- La collectivité maîtrise-t-elle les déterminants de cette qualité? Une montée en compétence des services de la collectivité ne serait-elle pas souhaitable ? Une dynamique d'exemplarité de la collectivité au regard de la pollution des eaux ne pourrait-elle pas être mise en œuvre de façon plus intensive et visible ? Existe-t-il sur le territoire des agents, des savoirs ou des expériences à mieux valoriser pour aider à infuser cette culture de la qualité de l'eau?
- Une meilleure maîtrise des menaces de pollution des milieux aquatiques connectés au territoire ne passe-t-elle pas par une mise en débat de ces questions auprès de la société civile locale ? Des associations professionnelles ?
- Dans quelle mesure les démarches existantes (ex. mobilité alternative, économies d'énergie, tri des déchets, alimentation bio et en circuit court, ou acteurs « pionniers » sur la question de la réduction des pollutions) pourraient-elles servir de marchepied pour engager des dynamiques de sobriété dans l'usage des produits toxiques pour l'eau sur le territoire ?
- Comment prendre en compte le fait que l'innocuité sanitaire qui est annoncée pour la mise sur le marché des produits contenant des agents chimiques ne garantit pas pour autant l'innocuité au regard de la préservation des ressources naturelles aquatiques présentes sur le territoire ?



c - Les collectivités territoriales face aux micropolluants

Pour rappel, sur le plan réglementaire, la prise en charge la plus explicitement demandée de la question des micropolluants par les collectivités relève du dispositif RSDE-STEU. À cet égard des données 2018-2020 de campagnes de mesure ont été transmises par les exploitants aux services de police de l'eau pour plus de 600 STEU de capacités supérieures à 10 000 EH. Dans ce cadre spécifique, une vague de diagnostics territoriaux s'est déroulée en 2019-2020 ; la prochaine est prévue en 2023.

En effet, dans une démarche proactive, certains territoires ont déjà engagé des diagnostics chimiques des eaux urbaines portant sur des gammes de substances qui ne sont pas actuellement visés par la liste RSDE : produits biocides, résidus de médicaments, produits ménagers ou domestiques (détergents, cosmétiques, etc.). Ces dynamiques font bien écho aux préoccupations du récent PNSE4, ainsi qu'à la volonté de certains élus de mettre en œuvre des plans locaux de santé environnementale, dont une partie traite de l'exposition des populations à des substances dangereuses dans le cadre de leurs activités courantes.

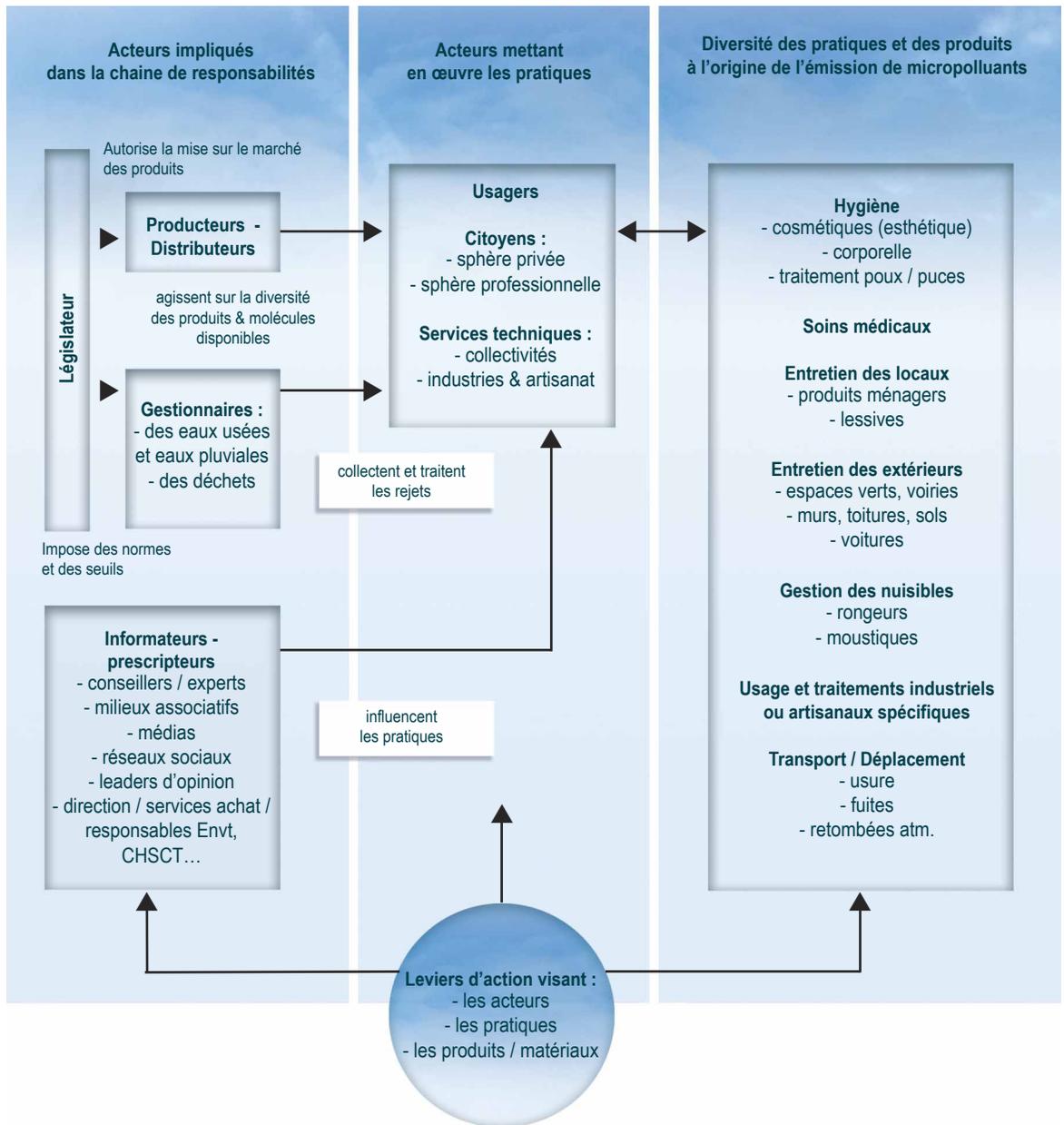
Dans tous les cas, une mobilisation vertueuse des usagers de ces produits, simples consommateurs ou professionnels, requiert de la part des collectivités une connaissance préalable de leurs pratiques, ainsi que des opportunités et freins associés à d'éventuelles modifications ou innovations dans ces pratiques.

La réalisation d'un véritable *diagnostic territorial* intègre donc une importante composante sociologique, au côté de l'identification des opportunités techniques. La figure 7 reprend le diagnostic systémique de mobilisation des acteurs territoriaux pour une lutte intégrée contre les micropolluants, élaboré dans le cadre du projet Regard [Regard, 3]. Ce diagramme, très inspirant pour établir une stratégie au niveau de la collectivité, rend compte de l'importance d'une approche globale pour faire face efficacement à la multiplicité des sources présentes sur le territoire. Elle illustre l'importance de développer à la fois une culture sur les micropolluants dans les réseaux locaux de techniciens ou de décision et d'influence, d'identifier les sources et émetteurs significatifs sur le territoire, et de développer des messages et supports opérationnels pour adapter les pratiques individuelles, collectives et professionnelles en vue de réduire les usages polluants.

Une dimension importante du diagnostic territorial, prérequis à l'action, est donc l'identification du tissu d'acteurs sur le territoire qui peuvent potentiellement contribuer à la lutte contre les micropolluants. Ces acteurs constituent d'une part des relais des actions à mettre en place et de dissémination des messages de sensibilisation⁶. D'autre part, leur connaissance du terrain et des usagers (qu'ils agissent en tant que citoyens ou professionnels) représente une richesse incontournable pour concevoir des actions adaptées et qui pourront être acceptées. Dans cette optique, il est nécessaire d'entreprendre une méthode de co-construction des actions avec ces acteurs. De plus, cette phase d'identification permet également de prendre connaissance des actions déjà en place qui contribuent à l'objectif de réduction des micropolluants, qu'elles soient proposées par des acteurs du territoire ou des services des collectivités. Un plan d'action pourra ainsi s'appuyer sur ces jalons déjà en place, voire même les valoriser davantage.

6 - Exemples de réseaux d'échanges régionaux pour partager et mutualiser les connaissances et expériences sur les micropolluants : l'Agence régionale pour la biodiversité et l'environnement ARBE PACA, l'Association des collectivités pour la maîtrise des déchets et de l'environnement Ascomade (Bourgogne Franche-Comté et Grand Est), ou encore le Groupe de recherche, animation technique et information sur l'eau Graie (Auvergne Rhône-Alpes).

Figure 7



Approche systémique de la lutte contre les micropolluants à l'échelle du territoire urbain [Regard, 3].

Enfin, cette phase d'identification a un dernier objectif : mettre en évidence les connaissances et compétences déjà maîtrisées et celles qui seront à combler. Ce dernier point est d'importance pour quantifier les moyens (humains et financiers) à mobiliser.

Du fait qu'elles concourent à l'atteinte des objectifs de bon état des eaux de la DCE, et partant de là aux objectifs des SDAGE, les initiatives de diagnostic micropolluants menées par les collectivités sont le plus souvent éligibles à des aides proposées actuellement par les agences de l'eau dans le cadre de leur XI^e programme d'activité⁷.

7 - Les modalités d'aides (éligibilité et taux) sont propres à chaque agence de l'eau.

Quels sont les enjeux actuels de connaissances concernant les micropolluants urbains ?

Au-delà ou en parallèle de l'identification des possibilités opérationnelles relatives au diagnostic local des micropolluants, objet principal du présent document, il est utile d'avoir en tête le contexte scientifique associé à ce sujet.

En effet, la capacité opérationnelle actuelle à conduire un diagnostic de micropolluants dans les eaux bénéficie déjà largement des progrès accomplis ces récentes années par la communauté scientifique, notamment en chimie analytique ou en écotoxicologie. Néanmoins, la contamination des eaux usées ou des ruissellements urbains par les micropolluants recouvre encore une grande variété de questions de recherche, sur lesquelles la science se penche aujourd'hui, laissant augurer à l'avenir de nombreuses avancées complémentaires en termes de capacité de diagnostic. Voici quelques exemples de champs de recherche actuels en la matière, et quelques références du dispositif MdEU y ayant contribué.

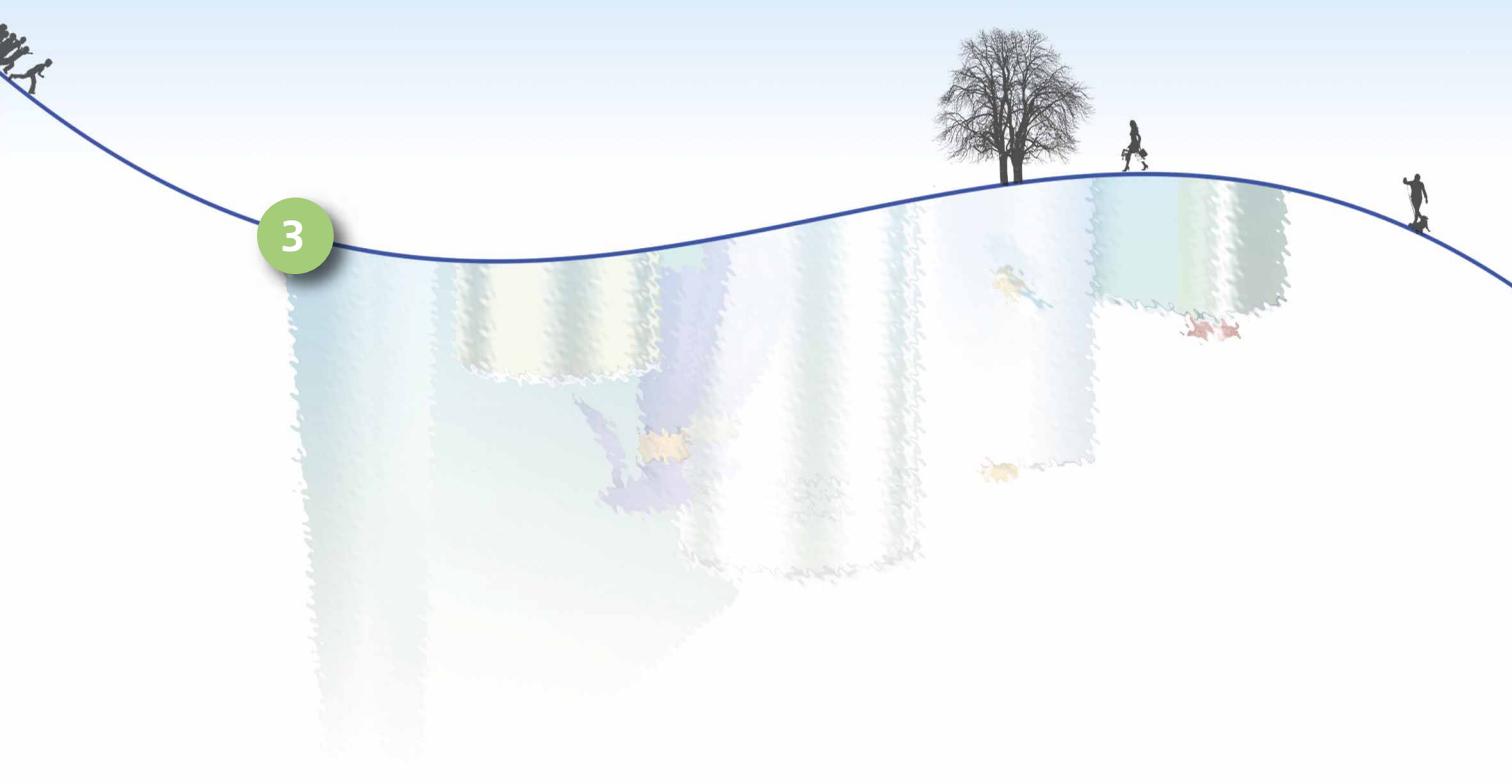
Compréhension des transferts de polluants en hydrologie/hydraulique urbaine :

- Peut-on prédire l'abattement d'une pollution par un ouvrage urbain de gestion des eaux pluviales selon les propriétés physico-chimiques des polluants ?
- Comment les polluants se transforment-ils lors de leur transit dans les réseaux d'assainissement ? [Seneur, 1], [Rilact, 6]
- Quel est l'effet d'un évènement pluvieux sur le ruissellement des polluants ?
- Peut-on prédire la dynamique de transport des micropolluants à l'aide de modèles numériques, et avec quelle précision spatio-temporelle ? [Rilact, 5]
- Quelles informations peuvent nous donner la quantification de micropolluants en réseau sur l'usage qui est fait des produits en amont de leur déversement (exemple de la consommation de stupéfiants) ? [Seneur, 1]

Risques chimiques émergents :

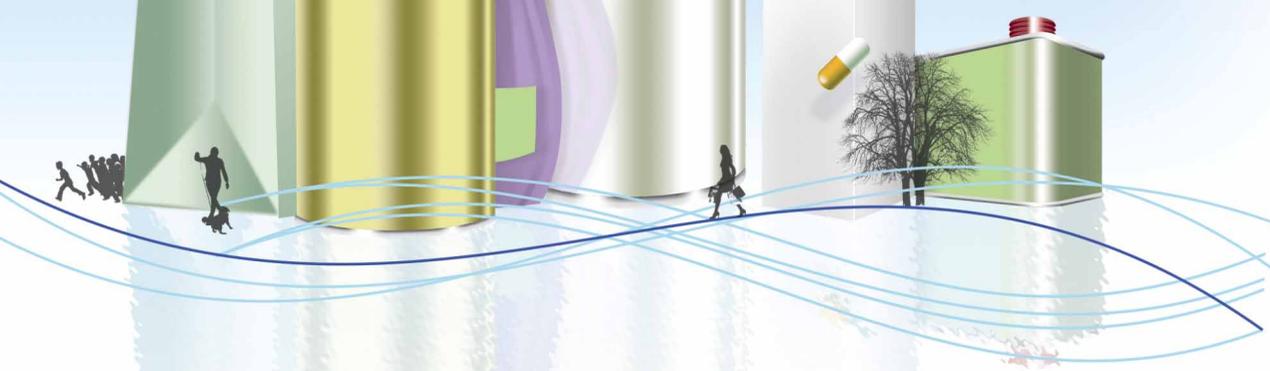
- Quel est le profil de contamination des eaux par des composés rendus détectables seulement récemment par les nouvelles techniques analytiques (exemple des molécules très solubles) ?
- Comment améliorer l'identification de nouvelles molécules à partir de spectres obtenus par de nouvelles techniques analytiques (par ex. analyse non ciblée) sur des échantillons d'eau résiduaire ? [Roulepur, 2], [Regard, 10]
- Comment transférer technologiquement les progrès effectués en écotoxicologie pour la caractérisation de la toxicité des eaux urbaines par les outils biologiques *in vitro* ou *in vivo*, et comment livrer une interprétation chimique des effets observés ? [Micropolis, 1], [Lumieau, 16]
- Quel est le rôle des résidus d'antibiotiques ou de biocides présents en système d'assainissement dans l'émergence de germes pathogènes antibio-résistants ? [Rilact, 4]

Un diagnostic, oui, mais pour quelle stratégie territoriale de réduction des pollutions ?



3

- 30 ■ A - Agir localement sur les micropolluants, c'est possible !
- 32 ■ B - Construire un plan d'actions
- 34 ■ C - Sur quels critères fonder le diagnostic micropolluants : les émissions ou les impacts ?



Avant de mettre en œuvre un diagnostic, il est utile d'avoir à l'esprit les potentielles opportunités d'actions de réduction des micropolluants qui s'offrent à l'échelle locale et les modalités possibles pour leur mise en œuvre. La connaissance de ces opportunités pourra aider à prioriser les objectifs opérationnels du diagnostic territorial. Les paragraphes qui suivent renseignent brièvement sur des acquis et cadrages obtenus récemment au travers de divers projets en matière de stratégies locales de réduction des micropolluants.

A - Agir localement sur les micropolluants, c'est possible !

Chaque territoire présente des spécificités en termes de sources de micropolluants, en fonction des activités qui s'y déploient. Cependant beaucoup de situations sont comparables et l'expérience de territoires « pilotes » en matière de réduction des émissions polluantes est souvent transposable sans avoir nécessairement recours à un nouveau diagnostic poussé préalable. La rubrique « Micropolluants urbains : quelles actions possibles ?⁸ » du portail professionnel de l'OFB propose dans cet esprit de nombreuses actions de réduction identifiées ou expérimentées dans le cadre du dispositif MdEU.

Les actions locales possibles s'articulent autour de la mobilisation de divers types d'acteurs sur le territoire : ménages, associations, secteurs de la santé, acteurs économiques, services de la collectivité. La réduction des micropolluants peut aussi trouver sa place dans le cadre des achats durables de la collectivité⁹.

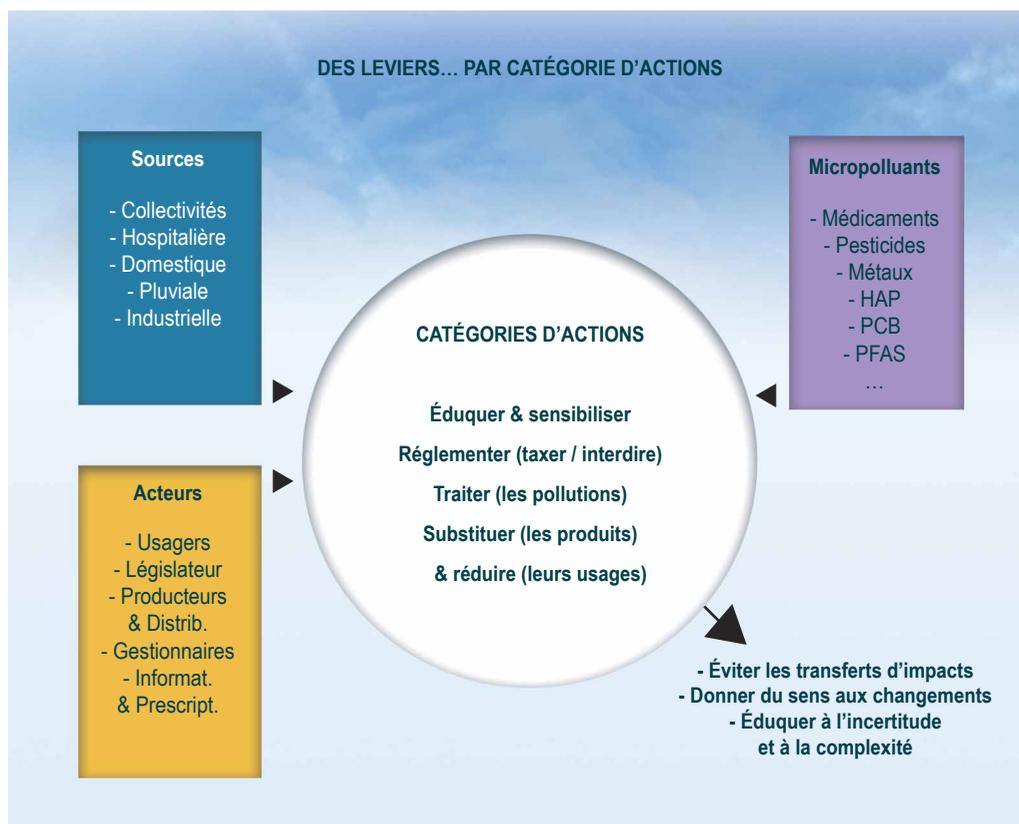
Le projet bordelais Regard a, par exemple, consigné dans un recueil de fiches techniques [Regard, 2] diverses catégories d'actions envisageables (Figure 8), structurées autour de thématiques telles que :

- la sensibilisation-éducation ;
- la réduction à la source et la substitution de produits ;
- la réglementation ;
- le traitement des rejets.

8 - <https://professionnels.ofb.fr/fr/node/779>

9 - La commande publique est un moyen de mettre en œuvre de bonnes pratiques de la part des services (par exemple, acheter uniquement des produits non dangereux ou écolabellisés) et d'encourager les entreprises prestataires du territoire à mettre en place de meilleures pratiques. Pour les collectivités dont les achats sont importants (>100 000 € HT/an), un schéma de promotion des achats socialement et écologiquement responsables (SPASER) est obligatoire (Article L. 2111-3 du code de la commande publique).

Figure 8



Grandes catégories d'actions à combiner sur le territoire en vue de réduire les déversements de micropolluants dans les eaux urbaines [Regard, 2].

Le bilan du diagnostic territorial dressé par ce projet [Regard, 3] inventorie aussi un large panel de solutions (voir notamment la partie 7 de ce bilan), et se conclut sur l'intérêt de privilégier une approche systémique de l'ensemble des actions (Figure 7 page 27).

Par ailleurs, les projets Regard et Lumieau-Stra ont formalisé des retours d'expérience sur les actions de réduction des micropolluants effectivement menées au cours de ces deux projets. Le lecteur est invité à les consulter :

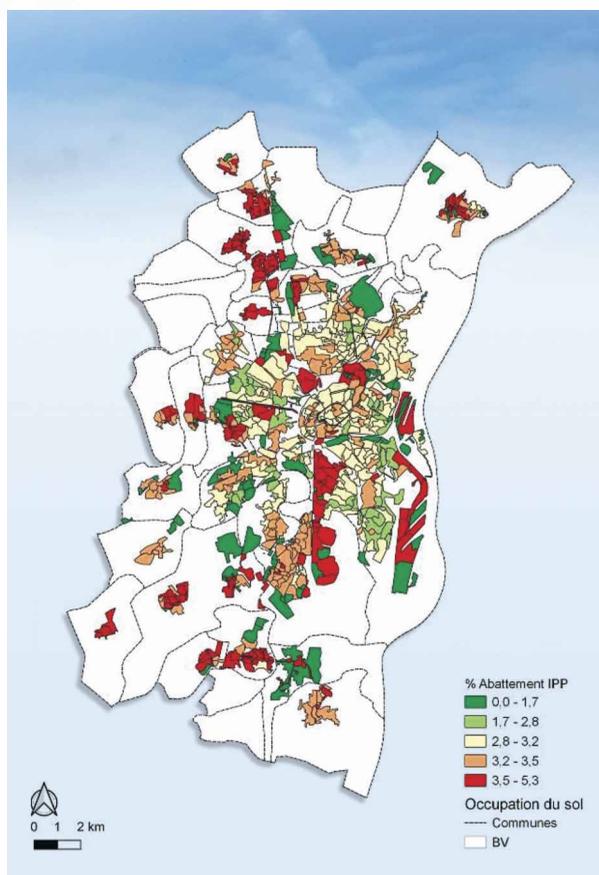
- Lumieau-Stra: Synthèse de l'évaluation des solutions de type démonstrateur [Lumieau-Stra, 1] ;
- Regard : Synthèse finale, retour d'expérience sur les différentes solutions de réduction et stratégies à adopter [Regard, 4].

Enfin deux recueils à paraître dans la collection *Comprendre pour agir* de l'OFB synthétisent les leviers identifiés via le dispositif MdEU s'agissant des moyens de lutte contre les micropolluants d'origine domestique [31] et issus des activités de santé [32].

B - Construire un plan d'actions

L'approche systémique évoquée ci-dessus dans le projet Regard permettra notamment de mieux assimiler les résultats du diagnostic territorial et de les prendre en compte pour rationaliser/prioriser les actions à mettre en œuvre en vue d'une gestion intégrée des micropolluants : autrement dit une stratégie ou un plan d'actions.

Figure 9



Exemple de simulation cartographique de l'effet d'actions de réduction des micropolluants (abattement d'un indice de pression polluante modélisé « IPP ») établie dans le cadre du projet strasbourgeois Lumieau-Stra [Lumieau, 2].

Le projet strasbourgeois Lumieau-Stra a documenté avec précision sa démarche innovante de conception d'un programme d'actions. Le lecteur est invité à cet égard à se rapporter aux références ci-dessous :

■ un premier rapport intitulé « Réduire les micropolluants : passer du diagnostic au plan d'action » [Lumieau-Stra, 2], qui décrit la méthodologie et les résultats de simulations de la mise en œuvre de solutions, comme illustré dans la figure 9. L'efficacité des diverses solutions envisagées est traduite par la réduction relative d'un « indice de pression potentielle » (IPP) calculé, qui tient compte à la fois du flux simulé des divers micropolluants et de leurs dangers respectives. Dans le cas de Lumieau, la démarche a été automatisée par l'utilisation d'un logiciel dont le principe a aussi été documenté [Lumieau-Stra, 3] ;

■ un second document intitulé « Proposition d'un plan d'actions et de surveillance : réduire à la source les rejets en micropolluants dans les eaux usées sur le territoire de l'Eurométropole de Strasbourg » [Lumieau-Stra, 4]. Ce document décrit l'exploitation de l'analyse ci-dessus réalisée par de l'expertise locale. Il propose ainsi un plan d'actions tenant compte des spécificités du territoire de l'Eurométropole de Strasbourg, en traitant explicitement des aspects structurants ci-dessous :

- la conscientisation d'une responsabilité partagée,
- la sensibilisation et la mobilisation des citoyens/consommateurs,
- l'association des parties prenantes du territoire,
- l'expérimentation et la valorisation des bonnes pratiques,
- une réflexion intégrée à l'échelle territoriale,
- des actions efficaces à long terme.

L'élaboration d'un plan d'actions est aussi requise par la circulaire RSDE-STEU de 2016 [12], pour les substances identifiées comme significatives au niveau des STEU¹⁰. À cet égard, des cadrages pour élaborer ces plans d'actions ont déjà été proposés en appui au dispositif RSDE 3, qui seront dans tous les cas utiles à mobiliser dans toute démarche territoriale relative aux micropolluants :

■ c'est le cas dans le guide proposé par l'Agence de l'eau Rhin-Meuse (AERM) en janvier 2017 [17], qui insiste sur l'évaluation technico-économique préalable des solutions de réduction envisagées, ainsi que sur la documentation des gains obtenus au fil du temps ;

■ l'Astee a produit en 2017 un modèle de cahier des clauses techniques particulières à l'intention des maîtres d'ouvrage des opérations RSDE-STEU [18], dont la partie relative à l'élaboration d'un programme d'actions reprend largement les critères mis en avant dans le guide AERM ci-dessus cité ;

■ un travail pionnier conséquent a été restitué dans le guide SIARP (Syndicat inter-communal pour l'assainissement de la région de Pontoise) de mai 2019 [19] :

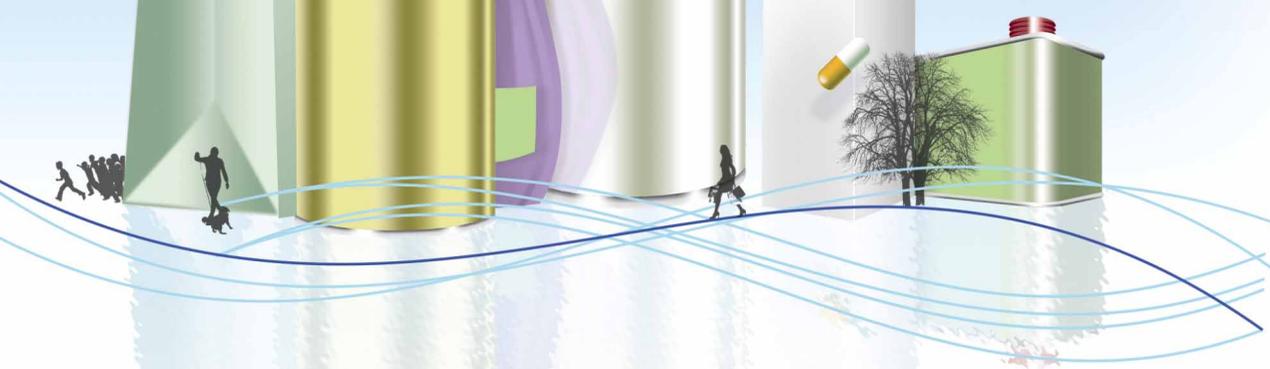
- pour les entreprises, ce guide insiste sur la nécessité préalable (et propose pour cela des cadrages précis) de rédiger le règlement d'assainissement et d'autres documents types. Il préconise de bien définir les redevances et autres participations financières, et de bien formaliser les procédures d'instruction des documents réglementaires. Ce guide insiste également sur l'anticipation des moyens de contrôle et de suivis des actions de réduction au niveau des établissements,
- pour les eaux pluviales, le guide promeut la définition de règles pertinentes de gestion des eaux pluviales adaptées au territoire. Y sont pointés de façon explicite des outils de politique publique locale (règlement d'assainissement, zonage des eaux pluviales, plan local d'urbanisme, schéma directeur de gestion des eaux pluviales) et le besoin d'y intégrer des principes tels que la lutte contre l'imperméabilisation des sols et le traitement en amont des eaux de pluie,
- le guide fait un focus sur les pratiques d'entretien, des extérieurs comme des intérieurs : réduction des usages de pesticides, choix de produits et de matériaux durables,
- pour les particuliers, le guide détaille des opportunités et des messages de sensibilisation à la main des collectivités ;

■ enfin, le groupe de travail Effluents non domestiques du Graie a produit de nombreux documents à destination des collectivités¹¹, notamment :

- une boîte à idées pour l'élaboration du volet « Effluents non domestiques » du règlement d'assainissement : prescriptions techniques et financières (2014),
- un logigramme synthétisant les étapes clés pour identifier les établissements générant des eaux usées non domestiques, cadrer leur rejet et en réaliser le suivi (2013),
- une check-list des acteurs à associer (2014),
- des préconisations concernant la gestion des pollutions accidentelles (2018),
- des préconisations techniques (bonnes pratiques, raccordement et prétraitement) pour 11 types activités pouvant potentiellement générer un déversement au réseau pluvial (2020) : déchèteries, chantiers et entretien bâtiments, rejets de piscines, aire de lavage, etc.

¹⁰ - Les actions inscrites à ces plans peuvent être éligibles à des aides des agences de l'eau dans le cadre de leur XI^e programme.

¹¹ - Tous disponibles sur <https://asso.graie.org/portail/>



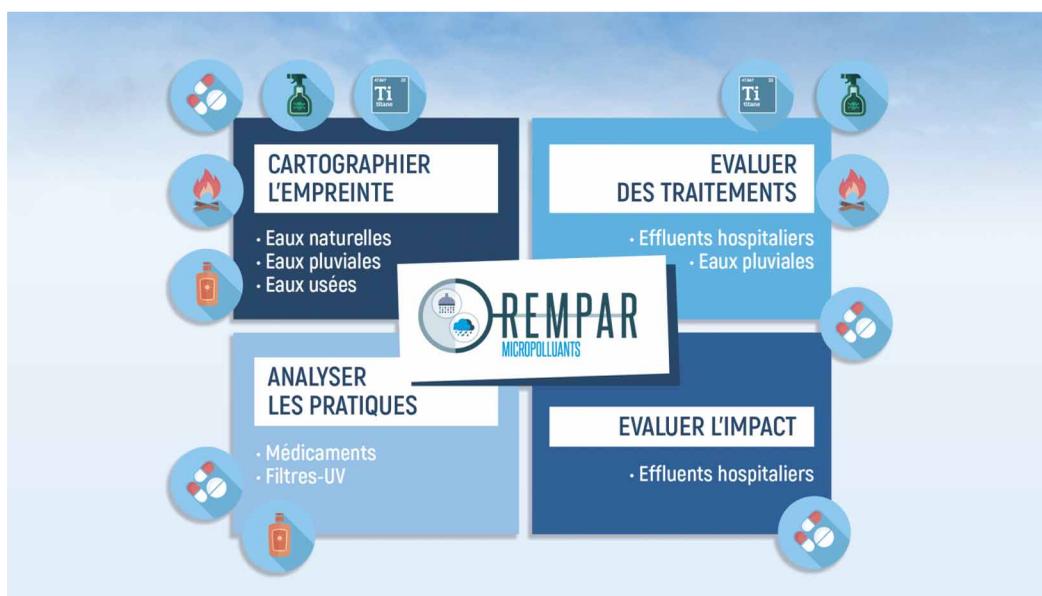
c - Sur quels critères fonder le diagnostic micropolluants : les émissions ou les impacts ?

La démarche RSDE-STEU est une approche basée sur les risques d'impacts (effets suspectés des effluents de STEU sur les milieux récepteurs). Toutefois, le diagnostic des sources polluantes responsables en amont des contaminations significatives observées au niveau des STEU reste un défi technique important, notamment dans les cas où la STEU collecte des eaux provenant d'un grand nombre de sources¹².

D'autres motivations que le RSDE peuvent amener une collectivité ou des acteurs d'un territoire à initier des diagnostics micropolluants des eaux urbaines, à des échelles variées, depuis le contrôle de points de rejets spécifiques jusqu'à l'investigation des émissions de secteurs d'activités particuliers répartis sur une vaste zone. Parmi celles-ci, on peut mentionner :

- d'autres approches de diagnostics dirigés par les impacts :
 - des démarches anticipatrices des plausibles évolutions de la réglementation, prenant en compte des polluants émergents tels que les résidus de médicaments, de cosmétiques, et de produits biocides ou détergents, en lien avec les constats scientifiques de l'impact de ces substances sur les milieux récepteurs, ou sur les activités économiques qui en dépendent. Cela aura été le cas de plusieurs projets du dispositif « Micropolluants des eaux urbaines », comme par exemple le projet Rempar réalisé sur le Bassin d'Arcachon (Figure 10),

Figure 10



Périmètre du diagnostic micropolluants mené sur Arcachon dans le cadre du projet Rempar. Au-delà des eaux usées, le diagnostic est étendu aux eaux pluviales et au milieu récepteur (bassin d'Arcachon), et aborde des familles de micropolluants non réglementés aujourd'hui, tels les médicaments ou les filtres UV (crèmes solaires).

12 - L'expérience RSDE-STEU passée a montré qu'il est souvent illusoire de vouloir relier directement des mesures effectuées en amont du réseau avec les observations effectuées au niveau de la STEU. Des outils de modélisation des flux s'avèrent alors précieux pour compléter les informations obtenues par mesures directes. Cela tend vers la démarche adoptée dans le cadre du projet LumiEau-Stra [LumiEau-Stra, 5], et sur laquelle nous reviendrons plus loin.

- le diagnostic amont peut aussi résulter de la connaissance de pollutions historiques des cours d'eau et/ou des eaux souterraines en aval, ou de contrôles d'enquête suite à un constat circonstancié d'impacts toxiques aigus des effluents sur la faune, la flore ou les ressources aquatiques présentes en aval. Des constats de dysfonctionnement de la STEU du fait d'eaux d'entrée trop polluées, ou de mauvaise qualité chimique des boues issues du traitement des eaux usées peuvent également déclencher de tels diagnostics,

- enfin, on voit se développer l'épidémiologie en réseau, permettant d'apprécier les usages de substances interdites ou illicites à partir de la composition des eaux usées [Seneur, 1]. Il s'agit d'une démarche très semblable à celle qui a été fortement valorisée à l'occasion du Covid-19, pour la recherche de virus dans les systèmes d'assainissement urbain (<https://www.reseau-obepine.fr/>). Par ailleurs, certaines pollutions peuvent aussi représenter un enjeu sanitaire pour les agents en charge de l'entretien de ce système (égoutiers, agents des STEU) et justifier un diagnostic dédié ;

■ **alternativement : des approches de diagnostics dirigés par les pressions émettrices de micropolluants.** Dans ces cas, la démarche est souvent moins analytique et plus pragmatique, assise sur le pari d'une efficacité locale sans nécessairement viser une réduction quantifiable des impacts au niveau des milieux récepteurs. Les pressions considérées prioritairement sont alors celles pour lesquelles des leviers d'actions potentielles sont préalablement identifiés, conduisant à des diminutions d'usages et/ou de rejets polluants, souvent sans mobiliser des moyens économiques importants (actions « sans regrets »). Une grande partie des activités de diagnostic menées dans le cadre du dispositif « Micropolluants des eaux urbaines » ont été priorisées sur de tels critères (sans connaissances préalables précises des réductions d'impacts possibles), s'agissant par exemple de secteurs d'activités comme l'artisanat, les centres de soins et hôpitaux, la consommation de produits ménagers ou cosmétiques, l'utilisation de rodenticides ou d'herbicides par les services de la collectivité, etc.

En dehors du dispositif MdEU, des diagnostics « micropolluants » dirigés par les pressions plus ponctuels ou ciblés sont aussi conduits plus classiquement dans les territoires. Pour exemples :

■ la réalisation d'études préalables à des « opérations collectives » de réduction des usages et des déchets toxiques, typiquement menées par secteur d'activité ou par zone géographique, avec le soutien des agences de l'eau dans le cadre de leur XI^e programme¹³ ;

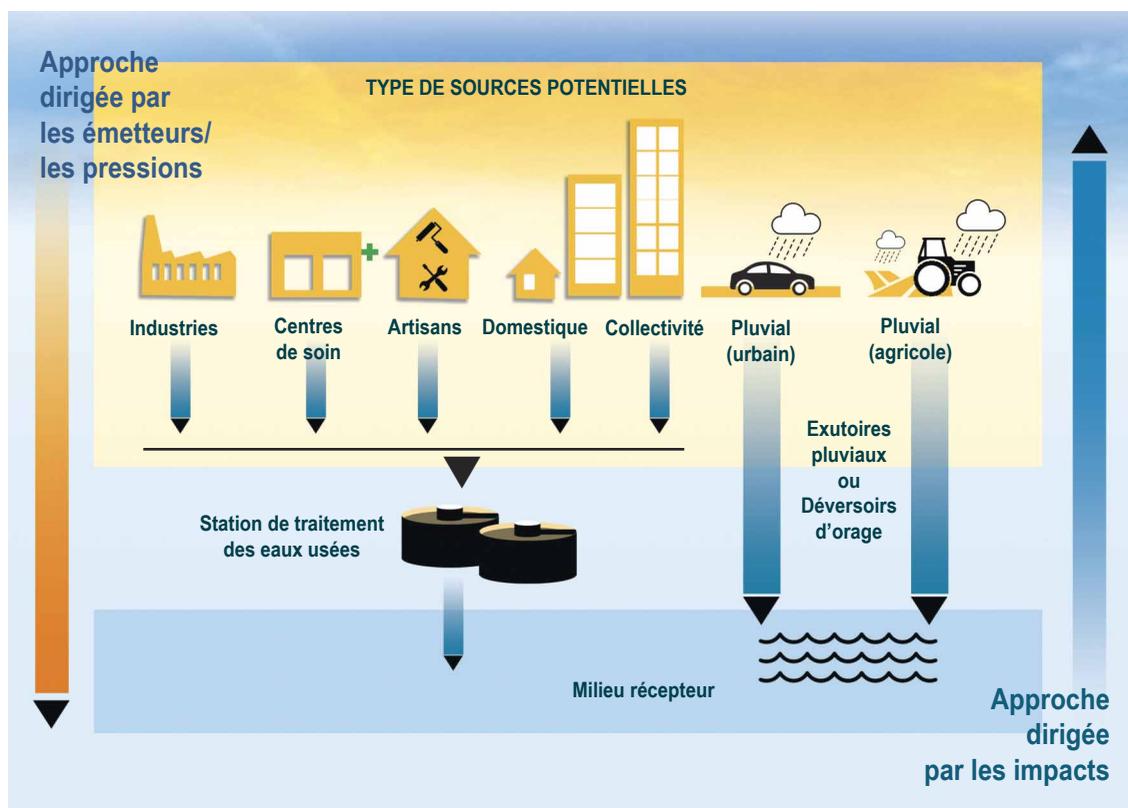
■ la maîtrise des rejets dans le cadre des opérations de raccordements non domestiques au réseau d'assainissement (y compris des actions de régularisation des rejets et des actions de réduction des effluents toxiques), à l'occasion de la mise en œuvre d'auto-surveillance ou d'opération de police, d'établissement de prescriptions adaptées pour certaines activités, de la prise en compte d'ouvrages d'assainissement « rustiques », ou de l'établissement de conventions spéciales de raccordement/déversement ;

■ de tels diagnostics peuvent aussi servir de référence lors d'études d'impacts relatives à de nouveaux aménagement ou installations.

Les approches dirigées par les impacts et celles par les pressions peuvent bien entendu se combiner au profit d'une efficacité accrue.

La figure 11 illustre la complémentarité des démarches de diagnostics dirigés par les impacts (sur les milieux récepteurs) et par les pressions (secteurs émetteurs de micropolluants).

Figure 11



© M.-J. Capdeville, Suez

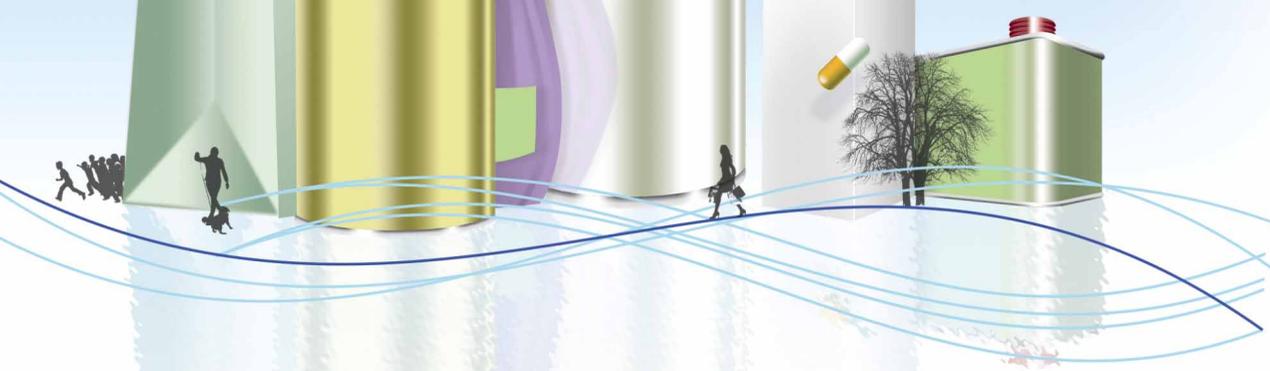
Complémentarité des approches « impacts » et « pressions » pour la mise en œuvre des diagnostics micropolluants urbains. Dans le premier cas (flèche montante sur la droite du schéma), le diagnostic est fondé sur les récepteurs (typiquement le milieu aquatique, mais d'autres cibles à protéger peuvent être considérées, dont la santé des usagers et des professionnels) et les émetteurs impliqués ne sont pas connus a priori. Dans le second cas (flèche descendante sur la gauche du schéma), l'accent est d'abord mis sur les émetteurs potentiels de micropolluants, et les impacts évités ne sont pas connus a priori.

Les éléments préparatoires au diagnostic



4

- 38 ■ A - Petit référentiel bibliographique sur l'origine et la présence des micropolluants dans les diverses eaux urbaines
- 39 ■ B - De nouvelles connaissances pour mieux appréhender les liens entre les pratiques, les aménagements urbains, et le rejet de micropolluants
 - 1 - Les émissions des divers types d'activités et infrastructures urbaines
 - 2 - La composition des eaux résiduaires urbaines
- 43 ■ C - Comment identifier les micropolluants à enjeux sur le territoire ?



La réussite d'une opération de diagnostic micropolluants repose sur divers éléments de connaissances préparatoires, génériques ou spécifiques au contexte local. Les paragraphes qui suivent s'attachent à guider le futur porteur du diagnostic, notamment sur la base des enseignements tirés des 13 projets du dispositif Micropolluants des eaux urbaines. Sont ainsi successivement proposés :

- un référentiel bibliographique croisant des informations sur les familles de micropolluants et les compartiments urbains dans lesquels la présence de ces dernières a pu être renseignée ;
- des informations sur les activités et usages susceptibles d'émettre ces micropolluants, et sur les diverses façons de prioriser et cartographier ces sources sur un territoire donné ;
- des éléments méthodologiques et des retours d'expérience pour pointer les substances à enjeux sur les territoires urbains.

A - Petit référentiel bibliographique sur l'origine et la présence des micropolluants dans les diverses eaux urbaines

En accompagnement des requêtes de diagnostic imposées par le dispositif RSDE-STEU, des documents guides [17, 19] ont été élaborés ces dernières années, qui ont déjà pu proposer un certain nombre de références bibliographiques, en particulier pour prendre en compte :

- les eaux usées des entreprises et établissements associés (hôpitaux, maisons de retraite, artisanat, ...)
- les eaux usées rejetées par les particuliers ;
- les eaux urbaines pluviales ou de ruissellement.

Dans sa synthèse « Diagnostic territorial pour la priorisation des actions de réduction des rejets en micropolluants : éléments méthodologiques » [Lumieau-Stra, 5], le projet Lumieau avait également documenté au travers d'un tableau des sources de données relatives à la caractérisation de ces différents types d'émetteurs.

Par ailleurs des recommandations issues de retours d'expérience de territoires impliqués dans des diagnostics RSDE-STEU ont récemment pu être synthétisés et formalisés sous la coordination de l'Atsee¹⁴⁻¹⁵, et sont désormais accessibles sur la rubrique « Publications » du site www.astee.org.

La section suivante fait part des nombreux résultats du dispositif MdeU venant compléter ces données.

B - De nouvelles connaissances pour mieux appréhender les liens entre les pratiques, les aménagements urbains, et le rejet de micropolluants

Les 13 projets du dispositif *MdEU* ont permis d'enrichir sensiblement la base de connaissances existantes permettant d'associer la présence de micropolluants à certaines sources ou certains secteurs d'activités. Nous donnons ci-dessous quelques références significatives à cet égard. Les informations qui y sont consignées peuvent être de différentes natures (quantitatives, qualitatives...). Dans certains cas des méthodologies pour les prendre en compte dans une démarche de diagnostic sont proposées, dans d'autres cas ces informations sont livrées « brutes ». Dans tous les cas, ces informations pourront être utilisées dans des approches de diagnostic inspirées de celles décrites dans les parties suivantes.

1 - Les émissions des divers types d'activités et infrastructures urbaines

Pour les activités non domestiques :

■ sur le volet **Industrie** :

- des sources d'information disponibles ont été rappelées à l'occasion du projet Lumieau [Lumieau-Stra, 5],
- ce projet a en outre décrit une approche recommandée pour prendre en compte ces données afin d'évaluer les émissions sur le territoire, en exploitant les informations APE (activité principale exercée) de l'Insee [Lumieau-Stra, 6]. Ce travail a abouti à la mise à disposition d'une base de données partagée¹⁶ de coefficients d'émission pour un grand nombre de substances concernées par le dispositif RSDE-STEUE. Ces coefficients sont exprimés en flux massique de substance (identifiées par leur code Sandre¹⁷) par unité de temps, par entreprise,
- le projet Regard a pour sa part proposé, pour les substances impliquées dans la surveillance des rejets aqueux des installations industrielles classées pour l'environnement, une synthèse des données nationales de concentrations, de flux et d'occurrence pour les différents secteurs industriels, et décliné cette démarche de synthèse à l'échelle régionale [Regard, 6] ;

■ sur le volet **Activités artisanales**, une approche originale a été proposée dans le cadre du projet Lumieau, pour évaluer les rejets de certains secteurs, sur la base des données du CNIDEP¹⁸ [Lumieau-Stra, 6]. En outre, ce projet a généré de nouvelles données inédites pour 4 métiers : peintre en bâtiment, menuisier, coiffeur, et mécanique automobile [Lumieau-Stra, 7-10] ;

¹⁶ - Téléchargeable sur https://professionnels.ofb.fr/sites/default/files/pdf/documentation/Pollution/Livr11b_LUMIEAU_annexe_tableaucoeffemissionsindetart.xlsx

¹⁷ - <https://www.sandre.eaufrance.fr/convertisseur-de-numeros-cas>

¹⁸ - Centre national d'innovation pour le développement durable et l'environnement dans les petites entreprises

- les sources polluantes issues des **activités des Services de la collectivité** avaient fait l'objet d'une étude pionnière par le Graie¹⁹ en 2018 [20]. De façon complémentaire, le projet Regard aura livré pour sa part une analyse détaillée des diverses contributions à la pollution par les différents services de Bordeaux Métropole [Regard, 7]. La figure 12 restitue les services identifiés ; cette analyse est utile pour guider d'autres collectivités souhaitant investiguer des pistes d'amélioration dans les pratiques de leurs services techniques ;
- les micropolluants issus des **métiers de la Santé** ont aussi été explorés ; les projets Biotech [Biotech, 1] et Rempar [Rempar, 2] ont par exemple pu analyser l'incidence de ces pratiques en termes d'émissions, par des infrastructures hospitalières, de produits biocides dans les eaux usées.

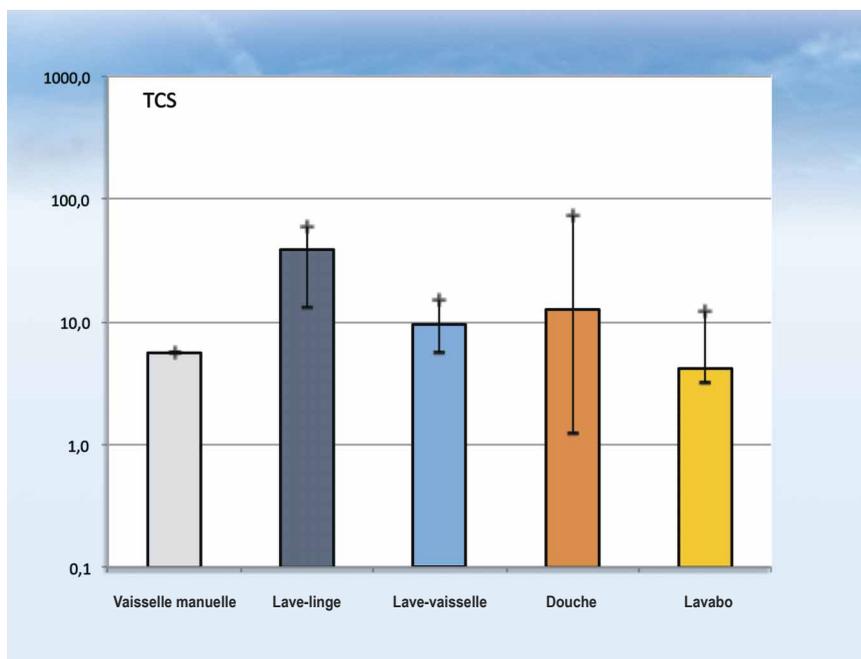
Figure 12



Analyse par le projet Regard des activités des services techniques de la collectivité Bordeaux Métropole susceptibles de contribuer à des émissions de micropolluants [Regard, 7].

Pour la prise en compte des pollutions d'origine **domestique**, Lumieau propose également une approche basée sur une compilation originale de coefficients d'émission par habitant et par an pour une gamme de 66 micropolluants [Lumieau-Stra, 6]. Le projet Cosmet'eau aura pour sa part livré des informations quantitatives spécifiques sur les émissions de biocides/conservateurs à partir d'activités ménagères quotidiennes telles que le lavage de la vaisselle ou du linge ou encore la douche [Cosmet'eau, 1] (Figure 13).

Figure 13



Évaluation par le projet parisien Cosmet'eau des flux journaliers du biocide Triclosan, par habitant et par type d'eau grise (en $\mu\text{g.j}^{-1}.\text{hab.}^{-1}$) [Cosmet'eau, 1].

Pour ce qui concerne les micropolluants liés au **ruissellement des eaux pluviales**, certains projets du dispositif MdEU (qui étaient associés aux observatoires français d'hydrologie urbaine – le réseau Urbis) ont proposé des états des connaissances [Roulépur, 1-2], [MicroMegs, 1], documentant les diverses sources de pollutions affectant les eaux pluviales (transports urbains, chauffage, érosion des matériaux et des dépôts secs...). En parallèle, l'ouvrage Arceau-AFB « Que sait-on des micropolluants dans les eaux urbaines ? » avait également synthétisé de façon illustrative les résultats capitalisés par Urbis cette dernière décennie.

Les projets Regard et Lumieau-Stra ont aussi pu proposer des éléments complémentaires pour la contribution du pluvial. Sur Bordeaux Métropole, des éléments de connaissances qualitatifs ont été rassemblés sur les potentialités de pollutions associées aux matériaux urbains, aux produits d'entretien, ainsi qu'aux usages et pratiques mis en œuvre sur les surfaces urbaines [Regard, 3 : voir notamment son chapitre 7.3].

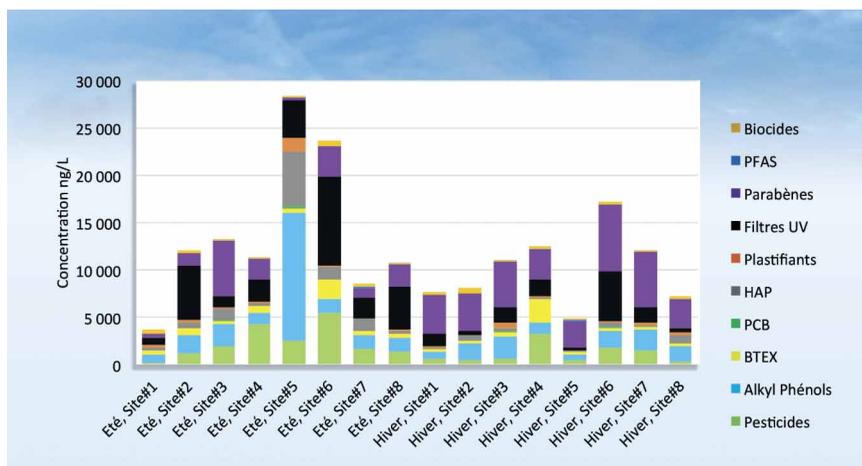
Le projet Lumieau-Stra va plus loin en proposant pour sa part une méthode pour intégrer des sources d'information bibliographiques sur les émissions polluantes associées à divers types de ruissellements (pluie, toitures, voiries) dans un modèle numérique alimenté par des photos aériennes (identification des surfaces contributrices) et des données pluviométriques [Lumieau-Stra, 6]. Ces informations permettent de produire des indices de flux spatialisés par micropolluant dus au ruissellement, en les croisant avec des coefficients de ruissellement et des compositions de référence d'eaux pluviales issus de la bibliographie. Ces indices de flux sont ensuite exploités pour prioriser les secteurs contributeurs à la pollution sur le territoire (voir la partie 5.B.1 page 50).

2 - La composition des eaux urbaines

D'une façon générale, l'ensemble des 13 projets du dispositif MdEU a permis de fournir une cartographie d'ampleur inédite sur la composition de toute une variété d'eaux urbaines.

À titre illustratif et en prenant l'exemple des eaux d'origine domestique, la figure 14 retranscrit la « chimio-diversité » de la composition des eaux rejetées au réseau, associées à la multiplicité des usages et des produits. On y voit aussi des effets saisonniers, comme par exemple ici l'augmentation des teneurs en filtres solaires anti-UV, en période estivale.

Figure 14



Concentrations de plusieurs familles de micropolluants (excluant pharmaceutiques et le plastifiant DEHP qui restent les micropolluants dominants) dans diverses eaux usées d'origine domestique, lors de deux campagnes (été, hiver) sur le territoire de Bordeaux Métropole [Regard, 11].

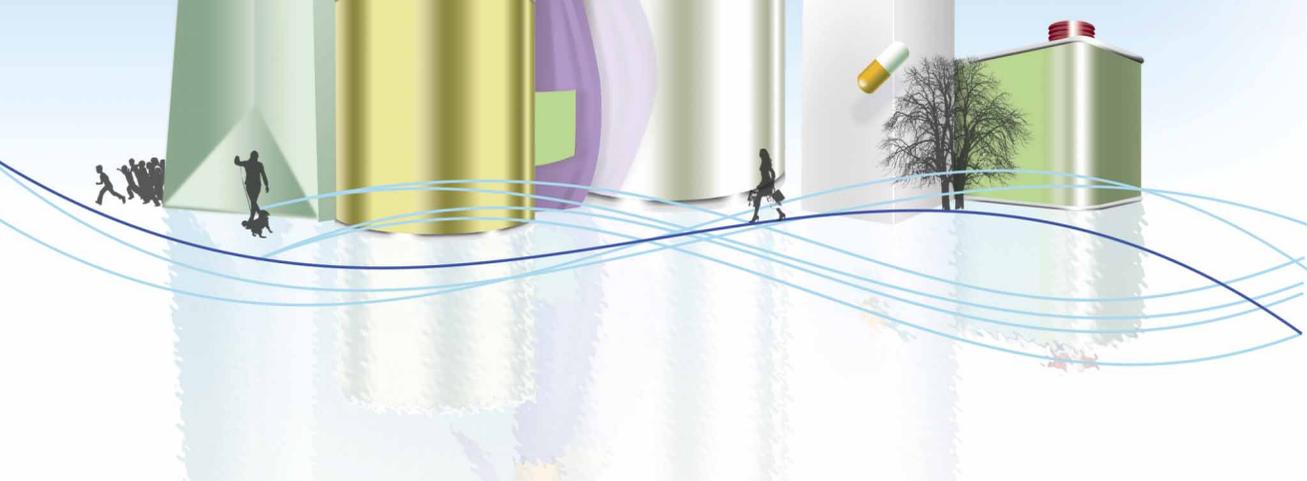
L'Annexe 1 (page 76) détaille les nouvelles références produites par le dispositif MdEU, pour une grande diversité de micropolluants évalués sur les types matrices suivantes :

- eaux usées domestiques ;
- eaux industrielles et rejets des artisans ;
- effluents d'hôpitaux et autres établissements collectifs ;
- eaux des réseaux unitaires, et eaux d'entrée de STEU ;
- eaux rejetées en sortie de STEU ;
- boues produites lors du traitement des eaux usées ;
- eaux rejetées par les déversoirs d'orage ;
- eaux pluviales (ruissellements non canalisés, réseau séparatif et collecteurs) ;
- eaux circulant dans les ouvrages amont assurant la gestion des eaux pluviales.

L'ensemble de ces nouvelles données sur la composition chimique des eaux urbaines pourront servir de références à l'occasion de nouvelles opérations de diagnostic des micropolluants urbains. Elles pourront être utilisées telles quelles, en valeurs guides de première approche, dans des démarches de priorisation des flux polluants sur les territoires (voir la partie 5.B page 50). Elles pourront alternativement être utilisées à titre comparatif si des évaluations de composition chimique sont menées sur d'autres territoires sur des types d'eaux similaires.

Ces références apportent par ailleurs parfois des informations sur les usages des substances, les émissions et les flux polluants, ou encore sur l'abattement des polluants (STEU et ouvrages dédiés à la gestion du pluvial).

L'Annexe 2 complète ces informations bibliographiques avec des références récentes externes au dispositif MdEU.



c - Comment identifier les micropolluants à enjeux sur le territoire ?

L'identification des micropolluants sur lesquels mettre prioritairement en œuvre le diagnostic territorial **peut résulter de plusieurs** approches.

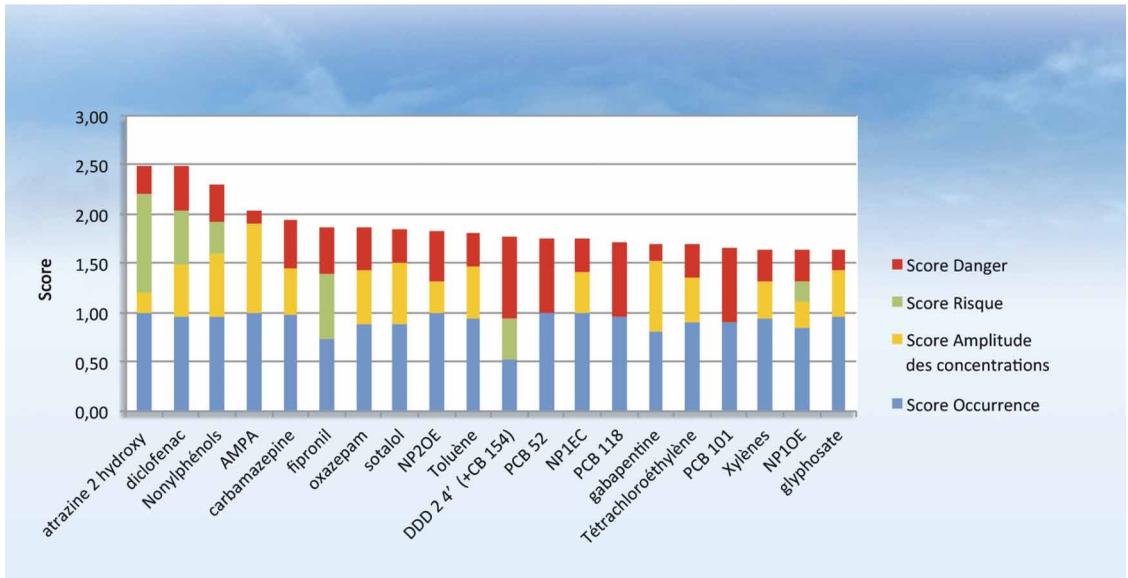
Une première approche consiste à s'en tenir strictement à la démarche requise par le dispositif RSDE-STEU : les substances sur lesquelles mener le diagnostic à l'amont d'une STEU sont celles qualifiées de « significatives » au sens de la note technique nationale de 2016 [12], c'est-à-dire celles dont les valeurs de concentrations ou de flux dans les eaux en entrée ou en sortie de STEU excèdent certains seuils d'impact prédéfinis.

Cette approche suppose une surveillance préalable des eaux de la STEU conformément au dispositif RSDE-STEU, et concerne donc seulement des secteurs du réseau d'assainissement aboutissant à des STEU de capacités nominales élevées (supérieure à 10 000 EH). Cette approche est déjà ambitieuse en soi et nécessite de relever de nombreux défis techniques. Toutefois, elle ne permet pas de prendre en compte une diversité d'impacts, liés à des micropolluants urbains non considérés dans la note RSDE-STEU du 12 août 2016 (car ne bénéficiant pas d'objectifs de réduction nationaux identifiés). Par ailleurs, de nombreux enjeux écologiques ou économiques (tels que ceux listés dans la Partie 1 de ce recueil) ne sont pas nécessairement reflétés par les seuils d'impact définis dans cette note. L'impact potentiel de la charge polluante du pluvial strict n'est pas considéré dans cette approche. Enfin, les démarches de diagnostics « dirigées par les pressions », telles que définies dans la partie 3.C, page 34, ne sont pas couvertes par l'approche RSDE-STEU.

À l'opposé, les schémas adoptés pour identifier les substances à enjeu dans le cadre des projets du dispositif MdEU ont été plus ouverts. Deux projets en particulier ont décrit dans le détail des démarches locales intéressantes de priorisation des micropolluants, avec des approches complémentaires :

- le projet Lumieau-Stra a ainsi pu décrire au sein de sa méthodologie de diagnostic [Lumieau-Stra, 5 : voir notamment le chapitre 3], une démarche duale de priorisation des substances : un volet couvrant les substances à surveiller dans le cadre du RSDE-STEU (annexe III de la note RSDE), et un second volet prenant en compte d'autres substances. Le volet « RSDE » est traité en plusieurs étapes de hiérarchisation, en considérant au premier ordre les résultats d'évaluation de diverses études régionales sur les rejets, puis nationales ou sectorielles. Le volet « hors RSDE » fait appel aux fréquences de quantification chimiques observées en surveillance des milieux ;
- le projet Regard a pour sa part proposé un schéma de priorisation consistant à adapter à l'échelle locale le référentiel national de priorisation des substances utilisé pour faire évoluer la surveillance DCE [Regard, 8]. Cette approche déroule un système de notation prenant en compte la fréquence de quantification (score de « occurrence »), l'amplitude des concentrations, le danger intrinsèque des substances (critères CMR, PBT, perturbation endocrinienne...) et l'observation de dépassements de seuils écotoxicologiques (score de « risque »). Ces critères y ont été appliqués aux données issues des études locales (métropole bordelaise) sur les micropolluants. La figure 15 illustre les résultats de cette priorisation.

Figure 15



Top 20 des micropolluants priorités sur le territoire de Bordeaux Métropole selon le système de scores du référentiel national de priorisation [Regard, 8].

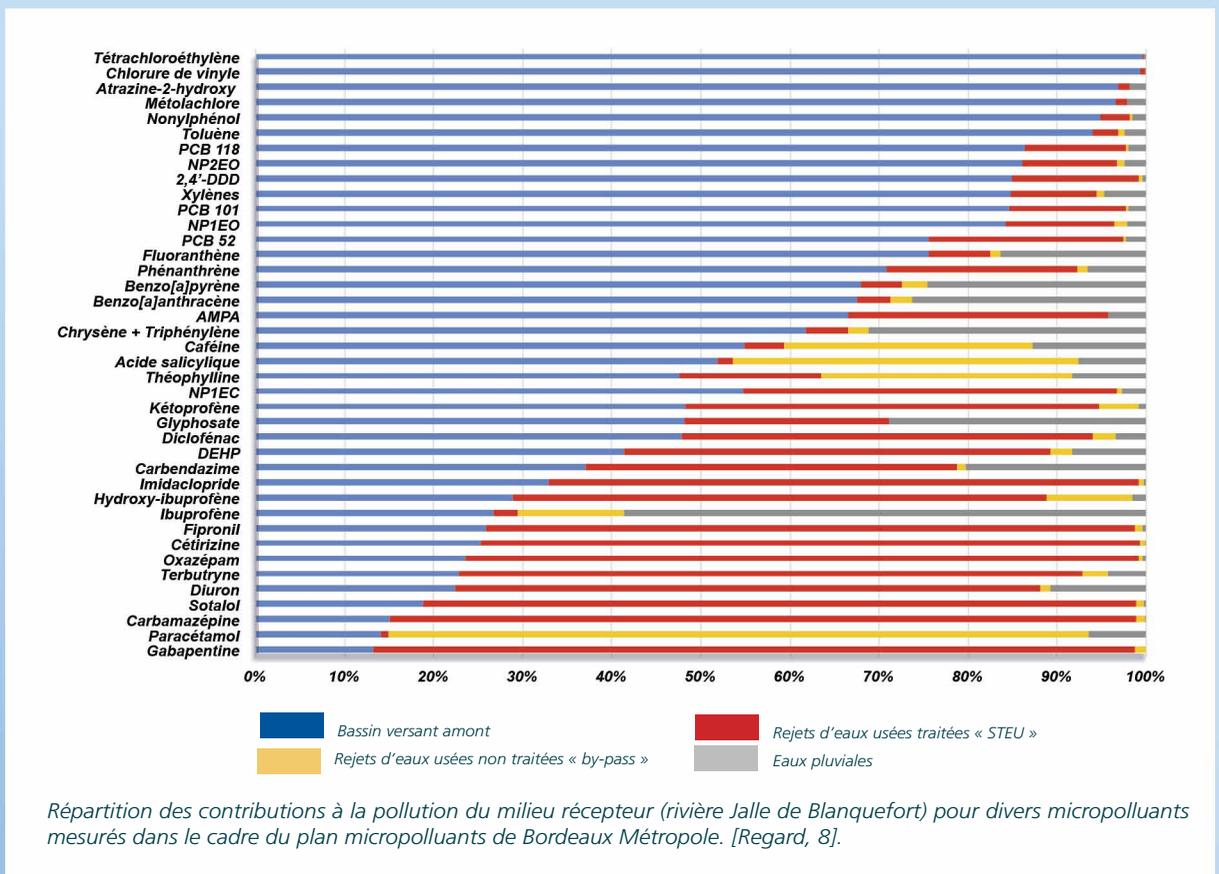
À fin de référence, l'Annexe 3 page 84 propose, en complément de la liste réglementaire RSDE-STEUE, une liste représentative de micropolluants repérés au sein des 13 projets du dispositif MdEU comme susceptibles de contribuer également de façon significative à l'impact sur les milieux recevant les eaux urbaines (de par leurs concentrations et/ou leurs fréquences de quantification élevées). Ces micropolluants y sont regroupés par familles d'usages ou d'origines (pharmaceutiques, hormones, drogues, filtres anti-UV, biocides et détergents, pesticides, plastifiants, retardateurs de flammes), ou par familles chimiques lorsque les usages sont trop dispersés (composés perfluorés, HAP²⁰, métaux). Le tableau de cette annexe renseigne également les types d'eaux urbaines vecteurs de ces polluants (sortie de STEU, surverses de STEU et eaux usées non traitées, eaux pluviales). À noter que certaines substances à rechercher dans les eaux de STEU au titre du RSDE-STEUE ont été reprises dans cette liste lorsqu'elles ont aussi été repérées par les projets comme à enjeux s'agissant de rejets d'eaux pluviales. Les limites de quantifications obtenues par les laboratoires dans les projets concernés y ont aussi été renseignées à titre de références. Les micropolluants de cette liste pourront avantageusement être considérés en vue de futurs diagnostics sur d'autres territoires, en complément de celles préconisées pour la mise en œuvre du RSDE-STEUE.

Des micropolluants « traceurs » du type d'eaux urbaines responsables de la contamination des milieux récepteurs ?

Dans une approche de diagnostic dirigé par les impacts, il est utile d'affiner aussi la caractérisation chimique du milieu naturel que l'on cherche à préserver, afin de déterminer les contributions respectives des eaux usées et des eaux pluviales à sa dégradation, ou éventuellement la contribution d'eaux usées insuffisamment traitées (dysfonctionnement de STEU, ou apports d'eaux usées non connectées à une STEU). Cela permettra ensuite de prioriser les rejets sur lesquels porter les efforts de diagnostic amont et/ou de gestion des apports.

La figure 16 restitue l'analyse de la provenance estimée de divers micropolluants quantifiés dans le milieu récepteur au niveau de l'agglomération bordelaise [Regard, 8]. On y voit que pour une bonne part d'entre eux, la quantité retrouvée s'explique par les rejets urbains, qu'ils proviennent d'eaux usées traitées ou non-traitées (surverse des STEU par temps de pluie), ou d'exutoires d'eaux pluviales. Pour d'autres micropolluants, les flux proviennent de pollutions diffuses à l'amont de l'agglomération bordelaise (industries, agriculture).

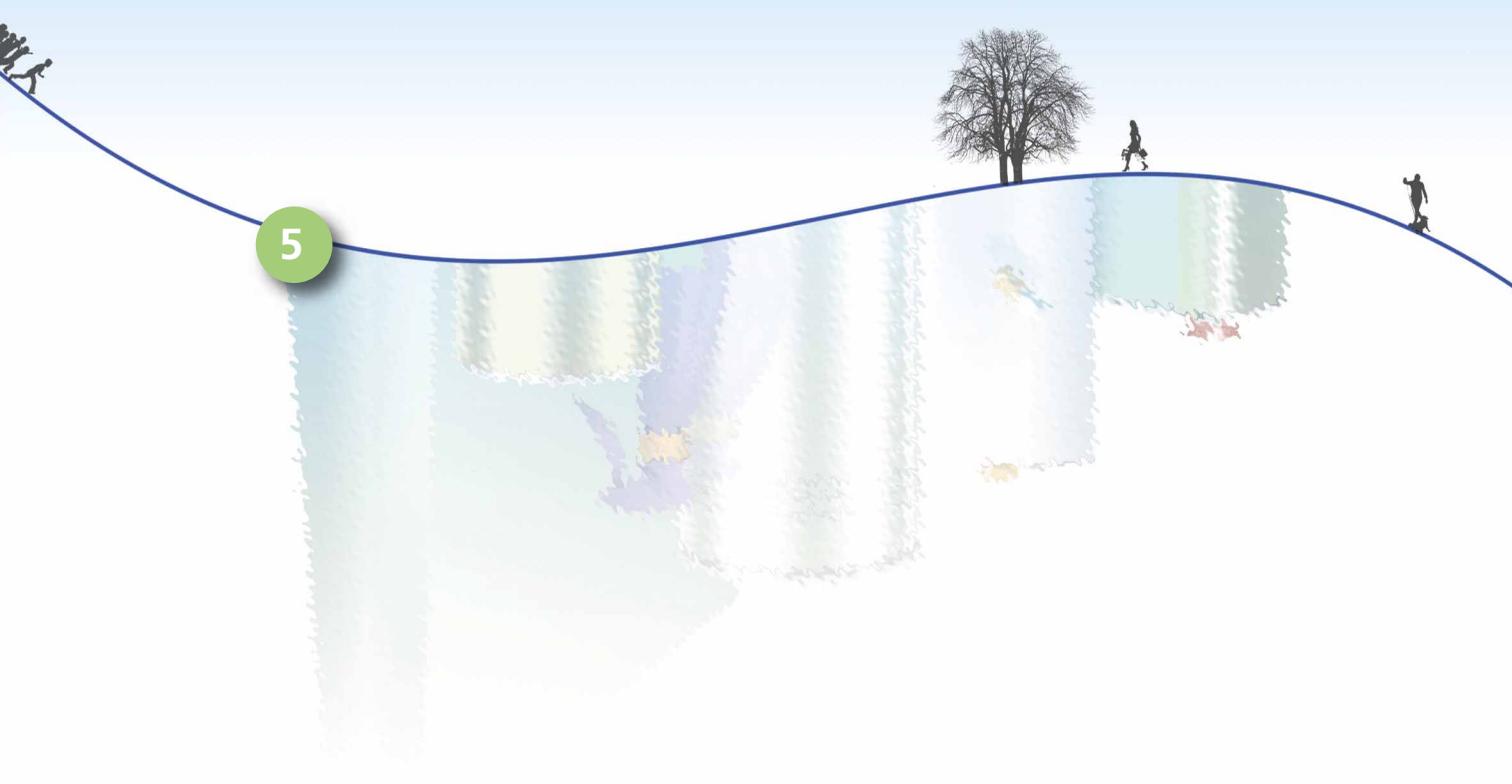
Figure 16



Sur cette même base d'informations, le projet Regard a également pu identifier un certain nombre de « substances indicatrices » ou « traceurs » des types d'eaux contributrices à la pollution du milieu [Regard, 3 ; voir notamment le paragraphe 2]. Ainsi, le rapport des concentrations de certains micropolluants permet, dans certains cas, de préciser si la source est proche ou lointaine, si l'origine est plutôt urbaine ou agricole. À titre illustratif, on peut considérer que le milieu naturel est plutôt contaminé par :

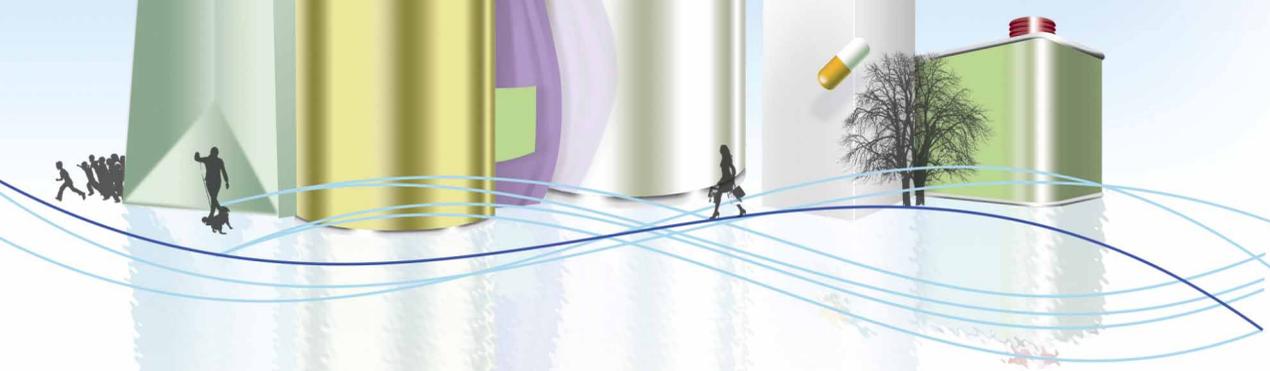
- des eaux usées brutes (défaut ou absence de traitement) si on retrouve une plus forte proportion de composés pharmaceutiques tels que le paracétamol, l'ibuprofène, l'hydroxy-ibuprofène, l'acide salicylique, la caféine et la théophylline ; en effet, ces micropolluants sont très bien interceptés par les STEU, et leur présence importante dans le milieu signe un défaut de traitement des eaux usées ;
- des eaux usées traitées si on retrouve une plus forte proportion de composés pharmaceutiques tels que le diclofénac, l'oxazépam, le sotalol, la carbamazépine et la gabapentine ; en effet, ces composés sont véhiculés par les eaux usées, mais sont mal dégradés en STEU ;
- des eaux pluviales si on retrouve des pesticides et biocides à usages urbains, et notamment du glyphosate en plus forte proportion que son produit de dégradation AMPA, et si ces deux composés sont associés à du diuron, de la carbendazime, de la terbutryne et du propiconazole.

Le volet spatial du diagnostic : comment localiser les activités, infrastructures ou zones les plus émettrices de micropolluants ?



5

- 48 ■ A - Des éléments de cadrage existants
- 50 ■ B - Identifier et hiérarchiser des contributeurs sur le territoire
 - 1 - L'exemple du projet strasbourgeois Lumieau-Stra
 - 2 - L'exemple du projet Biotech sur le Grand Poitiers



A - Des éléments de cadrage existants

Le territoire urbain est constellé de zones d'activités diverses, industrielles, artisanales, secteur de la santé, parfois aussi agricoles, et accueille les eaux usées produites par ces activités en surcroît de celles émanant du tissu diffus des habitations, et du ruissellement des eaux pluviales sur les voiries, les façades de bâtiment et les toitures. S'ajoute à cela l'incidence des interventions des services de la collectivité (nettoyage, entretien des espaces et des réseaux, etc.). Dans ces conditions, la réalisation d'un diagnostic spatial des sources de micropolluants suppose une méthodologie de hiérarchisation des émetteurs sur le territoire. Très peu de retours d'expérience sont disponibles à ce jour sur la manière de mener un diagnostic territorial mais certains éléments de cadrage existent.

À cet égard, la note RSDE-STEUE de 2016 précisait déjà que le diagnostic implique :

- réalisation d'une cartographie du réseau d'assainissement alimentant la STEU ;
- l'identification sur cette cartographie des contributeurs potentiels dans chaque zone ;
- l'identification des émissions potentielles de micropolluants par type de contributeur et par bassin versant de collecte.

Les documents existants d'accompagnement du dispositif RSDE-STEUE fournissent un cadrage méthodologique de base, en indiquant les éléments d'informations nécessaires au repérage des activités et zones émettrices en amont de la STEU.

Les documents guides Astee [18] et AERM [17] esquissent ainsi des approches opérationnelles pour l'obtention de ces informations, en précisant les aspects cartographiques à renseigner, et en listant un socle de documents types à analyser et potentiellement disponibles à l'échelle locale.

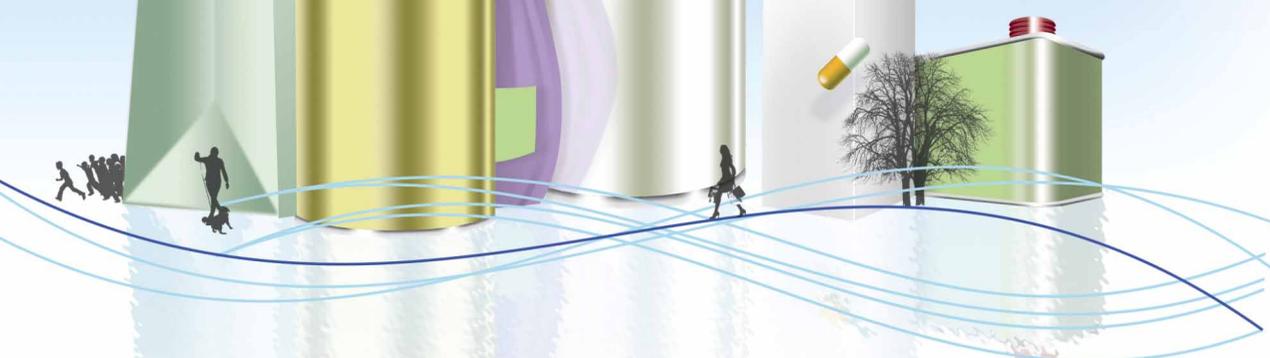
Le guide du SIARP [19] propose une démarche plus précise encore, en listant une longue série de questions visant à une meilleure connaissance :

- du patrimoine local de l'assainissement (eaux usées, boues, pluvial) ; en particulier :
 - configuration (unitaire/pluvial), localisation des tronçons et des ouvrages (déversoirs d'orage, STEU),
 - données de qualité disponibles : mesures en STEU, dans le réseau d'assainissement, dans les effluents d'émetteurs spécifiques (en général des effluents non domestiques), dans les milieux aquatiques ;
- de l'environnement récepteur des effluents (milieux aquatiques, activités impactées par la qualité de l'eau, entreprises) ; notamment :
 - identification des zones revêtant une sensibilité environnementale particulière (réserves naturelles, aire d'alimentation de captage, trame verte trame bleue, réserves Natura 2000, etc.),
 - identification des zones connues de pollutions régulièrement observées ;
- des parties prenantes pertinentes sur le territoire ;
- des compétences et outils pour cartographier les émissions et flux polluants.

En outre, ce guide du SIARP suggère un certain nombre de critères permettant de repérer des entreprises sur lesquelles envisager prioritairement des diagnostics micropolluants, en lien avec des aspects environnementaux et financiers.

Sur cette base, mais avec un éventail plus large quant aux finalités des diagnostics à mener, les projets du dispositif MdEU ont pu décrire et mettre à disposition des éléments méthodologiques alternatifs ou complémentaires. Ces apports sont illustrés dans les parties suivantes. Ils portent notamment sur :

- l'identification des émetteurs principaux à partir de métadonnées sur les activités de ces derniers et sur le positionnement de leurs rejets dans le contexte local ;
- les modalités d'investigations complémentaires et sectorisées, *via* des caractérisations chimiques et écotoxicologiques des eaux urbaines, lorsque ces métadonnées s'avèrent insuffisantes pour trancher sur la criticité de certains rejets de micropolluants.



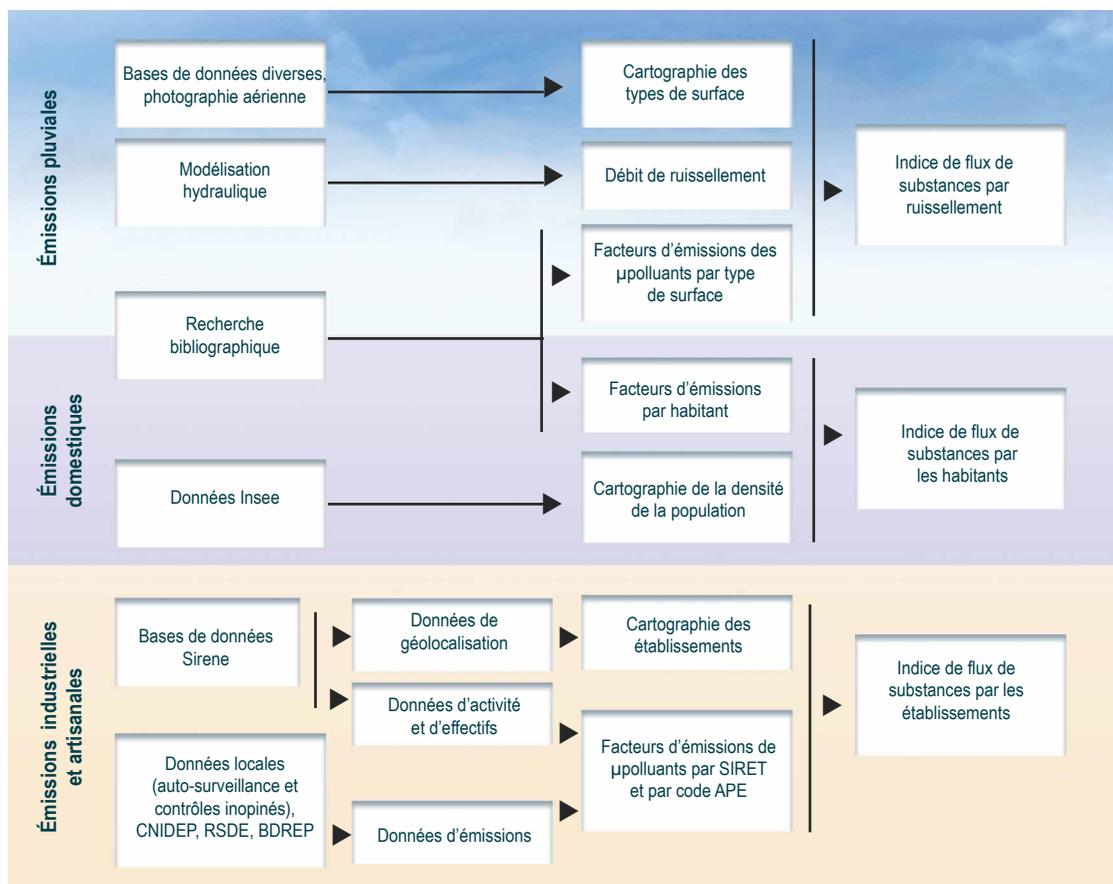
B - Identifier et hiérarchiser des contributeurs sur le territoire

Les projets Lumieau-Stra et Biotech ont pu restituer de façon formalisée deux démarches distinctes visant à identifier et hiérarchiser, sur la base de l'estimation de flux polluants émis dans le réseau d'assainissement, des secteurs géographiques et des contributeurs sur lesquels concentrer le diagnostic, puis l'action en matière de réduction des micropolluants.

1 - L'exemple du projet strasbourgeois Lumieau-Stra

S'agissant du projet Lumieau-Stra, un « indice de flux » a pu être élaboré, et partagé au sein d'un document d'inventaire des émissions de micropolluants sur le territoire de Strasbourg [Lumieau-Stra, 6 ; voir notamment son chapitre 2]. Comme l'illustre la figure 17, cet indice traduit le niveau d'émission dans le réseau d'assainissement des différents émetteurs. Il est calculé à partir de coefficients d'émissions présentés précédemment dans la partie 4.B, page 39, pour trois types de sources : les établissements professionnels, les ménages et le ruissellement pluvial.

Figure 17

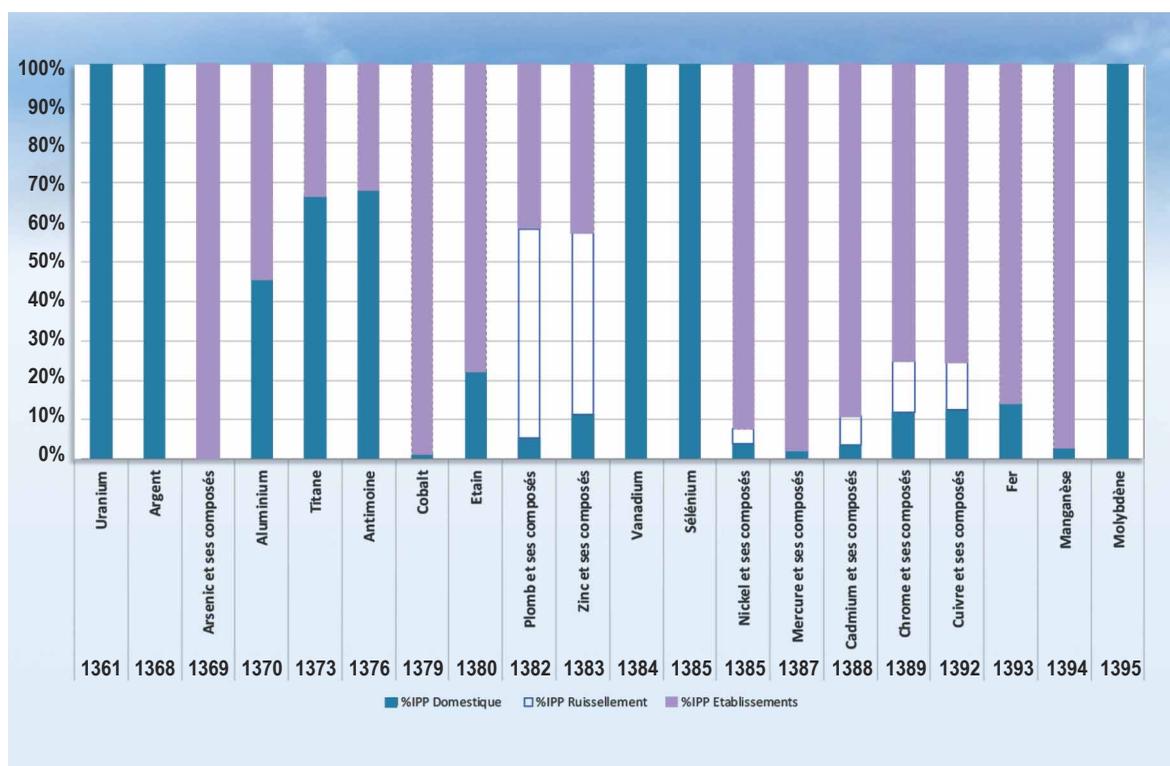


Modalités d'inventaire des flux estimés de micropolluants pour trois grands types d'émissions (pluviale, domestique, et activités économiques) dans les eaux urbaines de Strasbourg, dans le cadre du diagnostic territorial établi par le projet Lumieau-Stra. La procédure associe la mobilisation de bibliographie et de diverses bases de données, de la modélisation hydraulique et de la cartographie.

Afin de pouvoir les exploiter de façon aisée et reproductible, le projet Lumieau-Stra a intégré ces éléments sous la forme du « module diagnostique » d'un logiciel dédié. La structure de ce programme est disponible [Lumieau-Stra, 11], ainsi que les résultats de son application pour cibler des zones à prioriser pour mettre en place des actions de réduction.

L'application de ce logiciel sur Strasbourg a permis d'observer, en première approche, la part de chaque type d'émission sur l'ensemble du territoire d'étude. Ont ainsi été mis en évidence des micropolluants dont les principaux contributeurs semblent être les établissements professionnels (ex. sous-produits de combustion tels que les composés BTEX²¹, HAP), les activités domestiques (exemple des *alkylphénols*) ou les eaux pluviales. Comme illustré par la figure 18, pour certaines substances, les émissions sont réparties entre les différents types d'émetteurs (cas du plomb, et du zinc), dans d'autres cas certains secteurs sont prépondérants, facilitant le ciblage des actions.

Figure 18



Bilan des émissions de métaux dans les eaux sur le territoire de l'Eurométropole de Strasbourg, par les trois grands types de sources : domestique, établissements professionnels, et pluvial. [Lumieau-Stra, 5].

Cette démarche de diagnostic permet aussi d'estimer les substances les plus émises sur l'ensemble du réseau d'assainissement, ou d'identifier les bassins versants urbains sur lesquels il y a potentiellement le plus d'émissions. Le projet Lumieau-Stra aura à cet égard évalué la fiabilité de cette hiérarchisation en la confrontant à des mesures effectuées en certains points du réseau [Lumieau-Stra, 17]. Un biais à noter concerne la non-exhaustivité des données sur lesquelles un diagnostic peut se baser. Si certaines substances n'ont jamais été recherchées pour telle ou telle source d'émission, elles n'apparaissent pas dans les données utilisées pour le bilan des émissions. La contribution d'une source peut ainsi apparaître nulle, ou au contraire majoritaire, alors qu'elle ne l'est pas forcément dans la réalité.

La démarche adoptée s'articule avec un système de priorisation de la sensibilité des milieux récepteurs [Lumieau-Stra, 5 ; voir notamment son chapitre 7], qui intègre les caractéristiques physiques du milieu récepteur (débit, taille) et les enjeux ou usages qui lui sont attribués (s'agit-il d'une zone incluant une trame verte/trame bleue ? d'une zone de baignade ? etc.). Cette approche met notamment en évidence les points de déversement

les plus problématiques au regard de la capacité du milieu à recevoir les rejets par temps de pluie. Pour les points de déversement priorités, il a été possible d'identifier le ou les bassins versants qui y contribuent.

Au final, la méthodologie proposée par le projet Lumieau-Stra autorise plusieurs hiérarchisations des zones contributrices aux micropolluants [Lumieau-Stra, 5, voir notamment son chapitre 8] :

- hiérarchisation en fonction des émissions potentielles par zone ;
- hiérarchisation en fonction de l'impact des rejets au niveau des déversoirs d'orage.

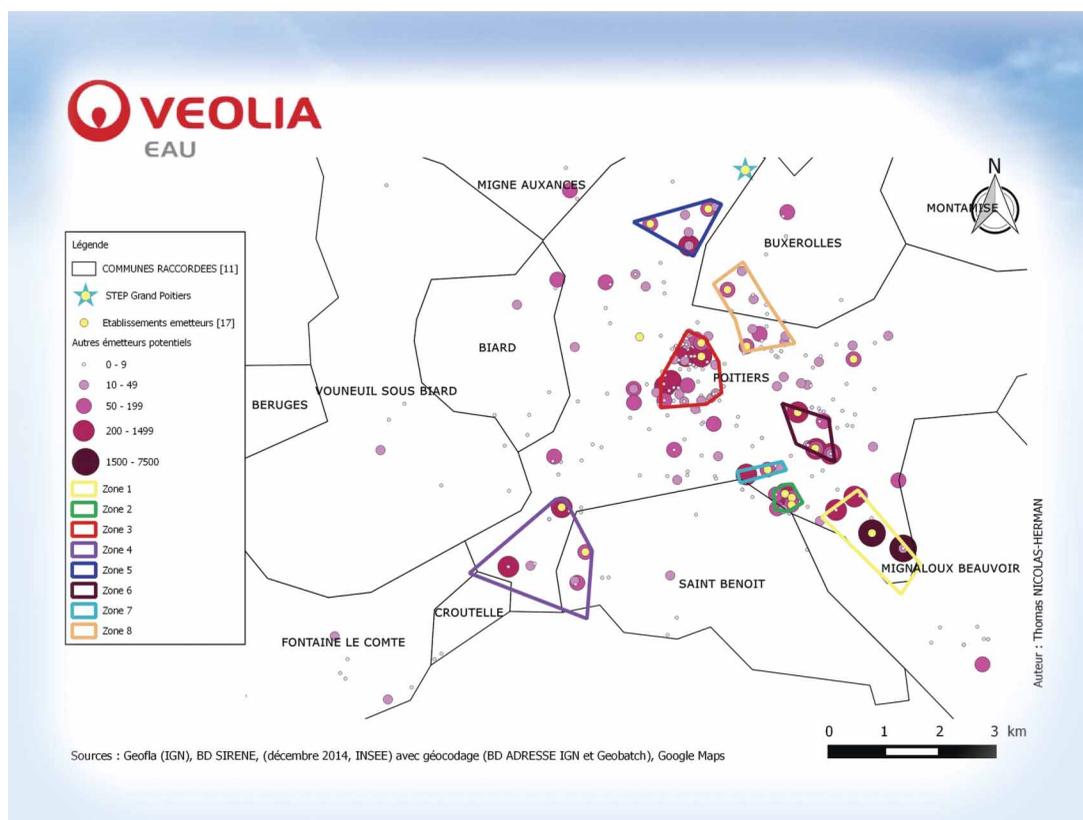
La méthodologie peut être menée pour une seule substance ou pour un ensemble de substances.

2 - L'exemple du projet Biotech sur le Grand Poitiers

S'agissant du projet Biotech conduit sur le Grand Poitiers, il a adopté une démarche présentant des similitudes et des spécificités par rapport à Lumieau-Stra. Les deux approches ont en commun de s'appuyer sur un inventaire des activités non domestiques établi à partir de la base de données Sirene de l'Insee, et sur une matrice associant à chacune des activités économiques recensées dans la Nomenclature des activités françaises (code NAF/APE), une ou plusieurs substances potentiellement émises par l'activité.

Dans le cas de Biotech [Biotech, 1], ces informations ont été rendues disponibles au travers de l'outil Actipol de Veolia, lequel intègre un géocodage des établissements, ainsi que des métadonnées utiles à la gestion de la qualité des effluents, telles que le statut des raccordements, la présence de prétraitement, les consommations en eau ou les substances suivies en routine... Biotech a pu intégrer ces informations dans un outil SIG (Figure 19), pour effectuer une superposition avec le réseau d'assainissement.

Figure 19



Cartographie des établissements émetteurs de biocides potentiels sur le territoire du Grand Poitiers, c'est-à-dire ceux partageant le même code NAF que des émetteurs de biocides « avérés » identifiés préalablement [Biotech, 1]. Les diamètres des cercles dans la figure traduisent le nombre de salariés des établissements ainsi cartographiés.

L'approche déployée dans le cadre du projet Biotech diffère aussi de celle de Lumieau-Stra en ce qu'un focus a été fait sur un nombre limité de substances (8 molécules biocides à usages forts et diversifiés), ce qui a permis d'entreprendre une démarche d'enquête auprès d'un jeu représentatif d'une centaine d'établissements.

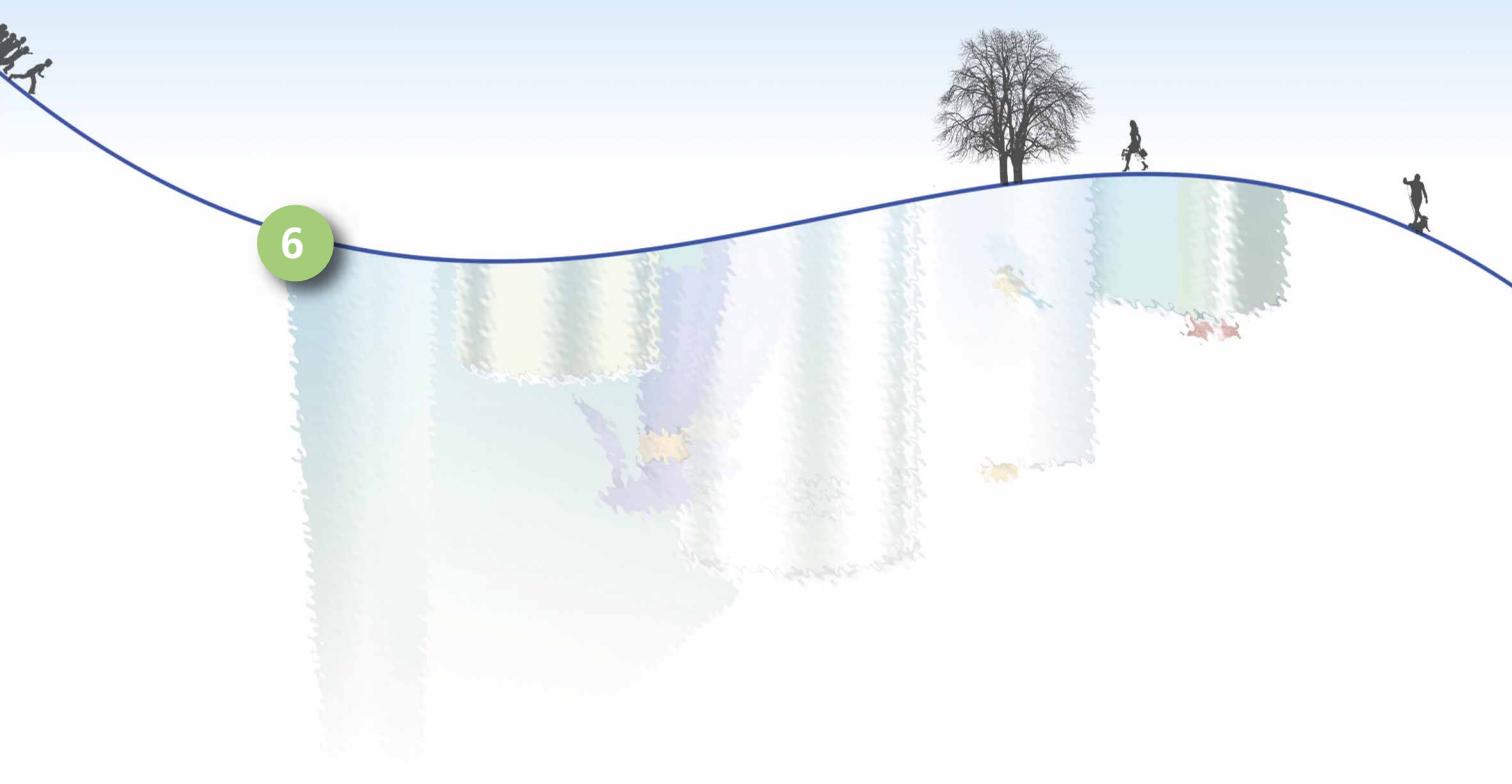
Les résultats de ces enquêtes ont ensuite été extrapolés aux activités partageant un même code NAF, permettant l'identification de points prioritaires sur le réseau en vue de réalisation de campagnes de mesures représentatives des flux de biocides à l'échelle de l'agglomération.

Ces deux démarches ont été décrites de façon transparente dans les documents cités plus haut, et pourront avantageusement servir de sources d'inspiration pour de futurs diagnostics.

Au final, et comme l'aura souligné le projet Lumieau-Stra [Lumieau-Stra, 5], « les résultats issus de ces démarches de diagnostic sont toujours à interpréter avec prudence car les données sur lesquelles elles s'appuient s'avèrent souvent très hétérogènes, et d'une fiabilité relative. Concernant les établissements professionnels, par exemple, la définition de l'activité, et donc du type d'émissions attendu, est basée sur le seul code APE. Cet indicateur présente l'avantage d'être universel au sens où toutes les activités économiques déclarées disposent d'un code APE, mais son emploi présente également de nombreuses difficultés : il peut avoir été mal affecté, ne plus être d'actualité suite à un changement d'activité, etc. En pratique, il n'est pas envisageable de vérifier un à un les codes APE de chaque entreprise. Cela implique donc de vérifier la cohérence des résultats du diagnostic en tenant compte de l'expertise locale. Les résultats d'une démarche de diagnostic demandent donc obligatoirement une confrontation et une évaluation avant d'établir un plan d'action. »

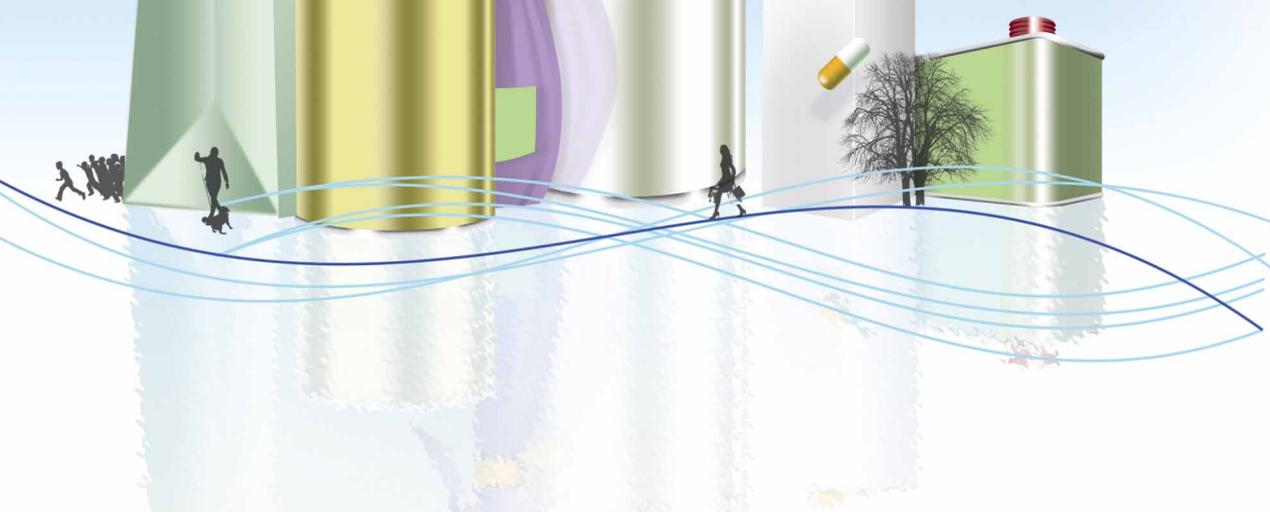
Dans certains cas, l'acquisition de mesures de la composition de certaines eaux urbaines en des points du territoire identifiés comme « stratégiques » par ces approches cartographiques pourra très utilement venir consolider ou rectifier les hypothèses utilisées pour le diagnostic.

La consolidation du diagnostic par des mesures chimiques et écotoxicologiques



6

- 57 ■ **A - Quelle stratégie spatiale d'échantillonnage ?**
- 58 ■ **B - Quelles modalités opérationnelles pour caractériser la composition chimique des eaux urbaines ?**
- 1 - Le prélèvement d'échantillons
 - 2 - Des outils innovants pour l'échantillonnage chimique en réseaux d'assainissement !
 - 3 - Les options pour l'analyse chimique des échantillons
 - 4 - Du nouveau pour l'exploration de la pollution des eaux urbaines : le recours à l'analyse chimique non ciblée
- 65 ■ **C - L'apport des outils de caractérisation écotoxicologique des eaux urbaines**
- 1 - Cartographier la toxicité des eaux urbaines
 - 2 - Rechercher et identifier des micropolluants à l'aide de bioessais
- 68 ■ **D - Au final, quels scénarios possibles pour les diagnostics terrains ?**



Dans certaines conditions, en complément de la synthèse des connaissances existantes et de possibles modélisations des flux de micropolluants telles que décrites ci-dessus, des campagnes de mesures dans les réseaux ou au niveau des rejets de certains émetteurs peuvent s'avérer utiles, voire nécessaires pour cibler davantage des zones ou des substances à enjeux, et orienter un programme d'actions de réduction des micropolluants. Ces campagnes complémentaires peuvent être réalisées sur des nœuds du réseau d'assainissement ou d'eaux pluviales pour affiner l'analyse des contributions, par micropolluant et par contributeur.

Toutefois, comme le soulignent certains documents d'accompagnement du RSDE-STEU [19], les retours d'expérience montrent qu'il n'est souvent pas évident d'exploiter les résultats compte tenu des incertitudes de mesure en lien avec les contraintes de prélèvements en réseau d'assainissement, et l'analyse des micropolluants. Avant de planifier une campagne de mesures, il est donc indispensable d'avoir une bonne connaissance de son territoire, du fonctionnement des réseaux et des entreprises (activité, rejets, etc.). Les campagnes de mesure ne viennent donc que dans un second temps, pour confirmer/valider/compléter voire rectifier un diagnostic préalable, et ne constituent en aucun cas la première étape d'un diagnostic des eaux urbaines.

Le socle réglementaire RSDE-STEU [12] donne des éléments de cadrage très utiles pour la mise en œuvre d'échantillonnages et d'analyses chimiques dans un système d'assainissement. L'Annexe VII de cette note ministérielle fournit, en effet, un référentiel technique impératif lorsque le diagnostic est mené dans le cadre stricte de l'évaluation RSDE-STEU. Il reste, par ailleurs, un cadre méthodologique très directement applicable et recommandable lorsque la collectivité ou un gestionnaire d'eaux urbaines souhaite mettre en œuvre un diagnostic sortant du cadre RSDE. On trouvera, en particulier, dans cette annexe des consignes de base concernant les aspects suivants :

- nature du matériel d'échantillonnage des pollutions et des débits, et précautions afférentes ;
- compétences requises de la part des opérateurs de prélèvement et d'analyse, et traçabilité « qualité » des opérations, normes et protocoles de références existants ;
- modalités des prélèvements d'eau ;
- gestion des échantillons prélevés ;
- contrôles qualité à effectuer ;
- spécificités liées aux substances recherchées (métaux, composés organiques) et à la charge en matières particulières.

A - Quelle stratégie spatiale d'échantillonnage ?

Les campagnes de prélèvement et d'analyse des eaux dans les réseaux d'eaux urbaines lorsqu'elles sont réalisées dans les règles de l'art (prélèvement 24 h asservis au débit, conditions de conservation, analyses séparées des fractions dissoutes et particulaires, etc.) constituent une logistique lourde et une dépense significative (nombre de points de prélèvement et de molécules). La collectivité ou le gestionnaire en charge du diagnostic devra impérativement définir très précisément l'objectif de la campagne de mesures. Il s'agira d'établir une stratégie de recherche des micropolluants en fonction de l'objectif ciblé : choix des points de prélèvement, de la méthode de suivis (analyse chimique ou outils biologiques), des molécules, de la période, etc.

Lorsque la nécessité est établie de recourir à des mesures chimiques en certains points du territoire, par exemple lorsqu'il s'agit de confirmer ou de préciser la sectorisation de certaines émissions au sein de zones pré-identifiées comme prioritaires (Partie 5 du présent recueil), une stratégie spatiale d'échantillonnage doit être établie. Le projet Lumieau-Stra a ainsi proposé [Lumieau-Stra, 12 ; voir notamment son chapitre 5] une démarche d'exploration itérative de nœuds du réseau d'assainissement, en remontant à contre-courant les flux, afin de s'approcher des émetteurs prépondérants (Figure 20). Cependant, cette méthode ne donne pas toujours entièrement satisfaction car elle suppose que la pollution soit continue dans le temps. Elle nécessite aussi d'avoir les résultats d'analyse de l'étape précédente avant de pouvoir passer à l'étape suivante. Par ailleurs, il est nécessaire, après avoir fait le choix des zones pertinentes de prélèvement, d'effectuer une reconnaissance terrain afin de valider la faisabilité technique et opérationnelle des mesures. Cette reconnaissance terrain permettra de choisir les regards, ou les postes de refoulement le cas échéant, pour installer le matériel en prenant en compte les contraintes liées à la configuration du réseau et à la sécurité des agents, mais aussi les contraintes liées aux outils de prélèvement.

Figure 20

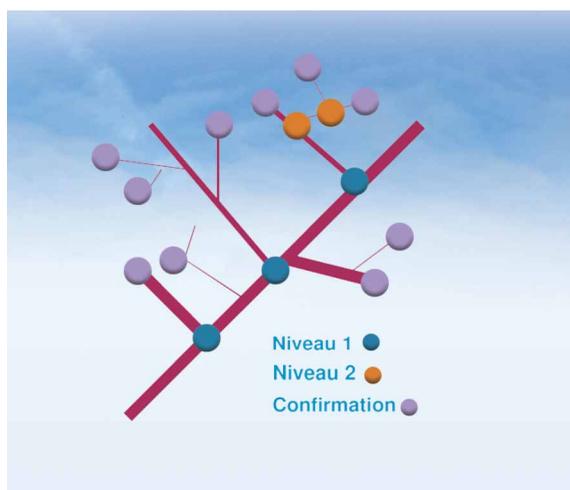
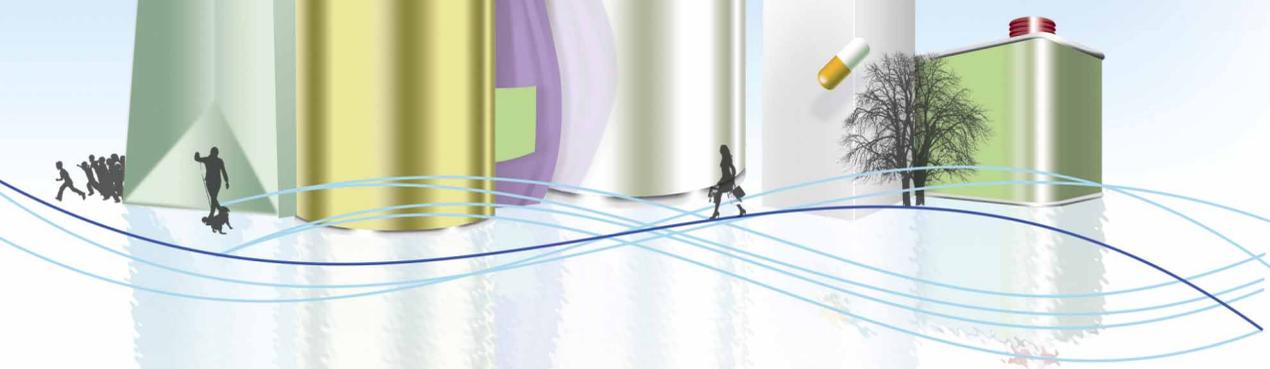


Illustration de la stratégie d'échantillonnage des points du réseau par itérations successives, préconisée par projet Lumieau-Stra. Les nœuds du réseau estimés par modélisation comme les plus contributifs font l'objet des premières mesures chimiques (niveau 1), puis le cours du réseau est remonté en cas de pollution avérée sur des embranchements se rapprochant des sources (niveau 2, puis confirmation).

Le projet bordelais Regard aura aussi fourni pour sa part une illustration très complète et inspirante d'un plan d'échantillonnage à l'échelle d'un territoire urbain, prenant en considération des sources polluantes très diverses, en expliquant l'historique et le raisonnement ayant conduit aux choix effectués [Regard, 9].



B - Quelles modalités opérationnelles pour caractériser la composition chimique des eaux urbaines ?

Le territoire urbain accueille une grande diversité d'eaux, plus ou moins concentrées en composants dissous organiques ou minéraux, plus ou moins chargées en matières en suspension, et dont la composition varie plus ou moins vite. La quantification de micropolluants dans ces différentes matrices requiert de ce fait, une panoplie de stratégies d'échantillonnage et d'analyse spécifiques.

1 - Le prélèvement d'échantillons

La synthèse Arceau/AFB « Que sait-on des micropolluants dans les eaux urbaines » parue en 2018 [21] fournit dans son chapitre 5 une bonne introduction pour élaborer une stratégie opérationnelle de suivi des micropolluants. Elle précise notamment les questions qu'il convient de se poser en amont de la construction d'un cahier des charges de campagne de mesures :

- quels types d'échantillons prélever ?
- quel pas de temps d'échantillonnage ?
- quelles matrices échantillonner (eaux (pluviales, usées ou eaux de surface), sédiments, matières en suspension, sols, biote) ?
- quels volumes d'échantillons ?

Le lecteur y trouvera, en outre, des extraits d'un cahier des charges technique à destination d'un laboratoire prestataire.

Dans les faits, les prélèvements d'eau en réseau d'assainissement sont classiquement des prélèvements moyens asservis au temps ou au débit. Le matériel à déployer pour cela est spécifié par exemple dans l'**annexe VII** de la note technique RSDE-STEU [12]. La figure 21 empruntée au projet Regard [Regard, 9] rend compte de la mise en œuvre de ces outils en conditions réelles.

Figure 21



Pose de dispositif d'échantillonnage automatisé dans le regard d'assainissement d'un quartier pavillonnaire, et répartition du prélèvement après homogénéisation dans divers flacons destinés au laboratoire d'analyse. [Regard, 9]

A, B © Marion-Justine Capdeville (Suez)

Le porteur de diagnostic pourra aussi très utilement se référer au guide opérationnel Aquaref « Pratiques d'échantillonnage et de conditionnement en vue de la recherche de micropolluants prioritaires et émergents en assainissement collectif et industriel » [22].

Des stratégies différentes peuvent toutefois être mises en place si un suivi dynamique est recherché, comme cela a été le cas dans le cadre du projet Regard. Ainsi, pour les exutoires pluviaux, les échantillonnages peuvent être ponctuels ou asservis à la hauteur d'eau. Les prélèvements d'eau sont à réaliser à l'aide de préleveurs automatiques équipés d'une unique bombonne en verre et de tuyaux en téflons neufs, changés avant le début de chaque campagne de prélèvements. Une fois l'échantillon moyen collecté, celui-ci est à homogénéiser, puis à répartir entre les flacons des différents laboratoires d'analyses. Les modalités de prélèvement de divers types d'échantillons ont été résumées dans le tableau 2 emprunté au projet Regard [Regard, 5].

Tableau 2. Avantages, inconvénients et application de divers types d'échantillonnages adaptés à diverses temporalités du prélèvement [Regard, 5]

Type de prélèvement	Avantages	Inconvénients	Applications possibles et commentaires
Ponctuel	Rapide, facile à mettre en œuvre	Sous-estimer ou surestimer la pollution	Milieu naturel, STEU, EU, EP. À l'échelle d'une journée, les variations étant moindre dans le milieu naturel, un échantillonnage ponctuel peut être suffisant. En revanche, l'échantillon sera peu représentatif dans le réseau et en STEU. À l'échelle de plusieurs jours, semaines ou mois, l'échantillon ponctuel sera peu représentatif même dans le milieu naturel en fonction des conditions météorologiques.
Moyenné asservi - au temps - au débit - à la hauteur d'eau - à la présence d'eau	L'échantillon collecté est plus représentatif	Nécessite un préleveur automatique et un capteur pour asservir le préleveur (capteur de surverse, de hauteur d'eau ou débitmètre). Le préleveur et le capteur doivent être étalonnés et correctement entretenus.	- asservi au temps : milieu naturel et STEU car nécessite la présence d'eau en continue - asservi au débit : STEU, EU et EP. Plus compliqué à mettre en œuvre dans les petits réseaux car la mesure de débit n'est pas toujours fiable ou possible. Difficile pour les EP car nécessite de connaître à l'avance l'heure de début de la pluie, le temps de trajet pour que l'eau ruisselle jusqu'au point de prélèvement et la quantité de pluie prévue. - asservi à la hauteur d'eau : EP - asservi à la présence d'eau : EU et EP comme alternative à l'asservissement au débit pour les petites canalisations
Haute fréquence - pollutogramme - sur 24h - sur un mois	Caractérisation plus fine d'un événement ou de mettre en évidence des variations temporelles	Multiplie le nombre d'échantillons à traiter	Pollutogramme : EP sur 24h : EU, STEU sur un mois : milieu naturel

Le projet Regard aura fourni, par ailleurs, un référentiel méthodologique précieux au travers d'un descriptif très précis de protocoles mis en œuvre pour les différents types d'eau [Regard, 9 ; voir notamment son chapitre 2].

2 - Des outils innovants pour l'échantillonnage chimique en réseaux d'assainissement !

Comme évoqué plus haut, l'utilisation de préleveurs automatiques d'eau classiques au sein du réseau d'assainissement est coûteuse (coût d'achat ou de location du matériel), et représente certaines contraintes opérationnelles :

- besoins en alimentation électrique ;
- encombrement et difficultés de manutention (notamment si besoin de l'installer dans le réseau d'assainissement) ;
- risque de colmatage de la crépine d'aspiration ;
- nécessité de conditionnement des échantillons sur le terrain (homogénéisation et distribution dans les flacons) ;
- volume et lourdeur des échantillons à envoyer aux laboratoires en enceintes réfrigérées ;
- risque de dégradation ou de vol du matériel s'il est laissé sur le domaine public

D'autres outils se développent donc actuellement afin de lever, au moins en partie, les contraintes citées tout en permettant d'aboutir à des informations fiables et utilisables quant à la présence ou l'absence de micropolluants dans le réseau d'assainissement.

Dans le cadre du projet Lumieau-Stra, certains de ces outils ont été sélectionnés pour évaluer leur mise en œuvre opérationnelle dans le réseau d'assainissement. La sélection des outils s'est basée sur les points suivants :

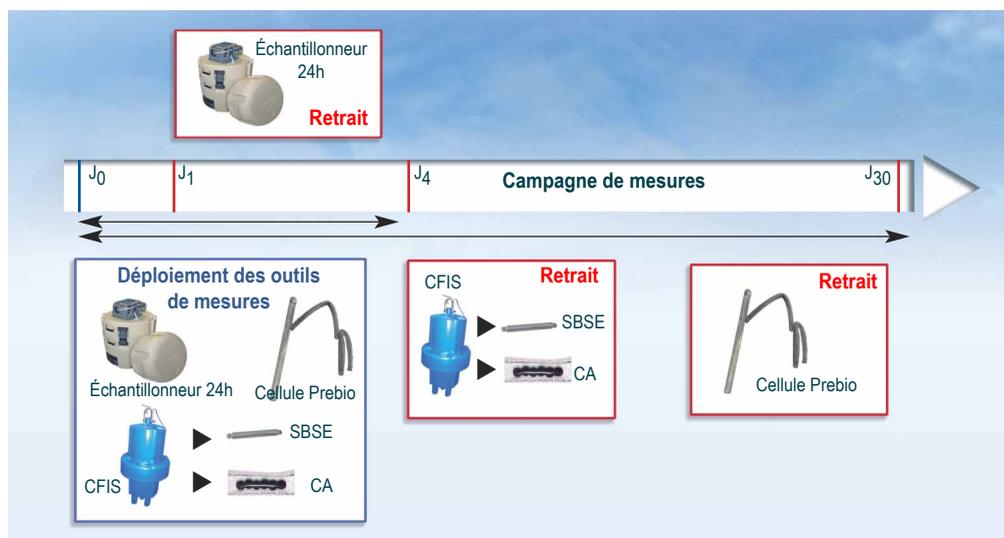
- mesure d'un large spectre de substances ;
- *a minima* mesure semi-quantitative ;
- rapport coût/efficacité intéressant ;
- simplicité de déploiement ;
- disponibilité commerciale.

Ont ainsi été déployés dans le réseau d'assainissement de Strasbourg des échantillonneurs intégratifs, sous plusieurs formes :

- l'échantillonneur intégratif à débit continu CFIS contenant [Lumieau-Stra, 13] :
 - des barreaux à sorption-extraction SBSE,
 - des cartouches de charbon actif ;
- la cellule Prebio (sorption sur du biofilm).

Ces outils et leur mise en œuvre (Figure 22) ont donné lieu à un retour d'expérience détaillé dans le cadre du projet, qui fournira des informations opérationnelles précieuses dans le cadre de futurs diagnostics micropolluants [Lumieau-Stra, 14].

Figure 22



Protocole de déploiement et de retrait des divers types d'échantillonneurs utilisés dans le cadre du projet Lumieau-Stra [Lumieau, 14]. La durée d'exposition en réseau varie selon le type d'échantillonneur : 24 heures pour le préleveur automatique classique, 4 jours pour le CFIS, et un mois pour la cellule Prébio.

On retiendra ici que la mise en place des outils intégratifs dans Lumieau-Stra a effectivement permis de retrouver des classements de substances cohérents avec ceux de la méthode de référence par échantillonneurs automatisé 24 h, plus lourde à mettre en œuvre, bien que cette dernière puisse appréhender un spectre de substances plus étendu. Ces outils se sont donc révélés adaptés pour hiérarchiser les niveaux de concentrations dans un réseau d'assainissement et identifier les zones à investiguer par des techniques de référence.

Des échantillonneurs intégratifs (de type « Pocis », Figure 23) ont aussi été déployés avec succès dans d'autres projets, tels Regard, ou Seneur en Martinique [Seneur, 1] où ils ont montré leur plus-value pour caractériser les sources et transferts de résidus de produits stupéfiants.

Figure 23



Illustration du montage, puis du déploiement en réseau d'échantillonneurs intégratifs de type POCIS [Regard, 9].

À noter que le projet Regard a également été l'occasion de développer l'un de ces outils dans un format miniaturisé (« Mini-Pocis »), plus adapté à l'environnement des réseaux d'assainissement [Regard, 10].

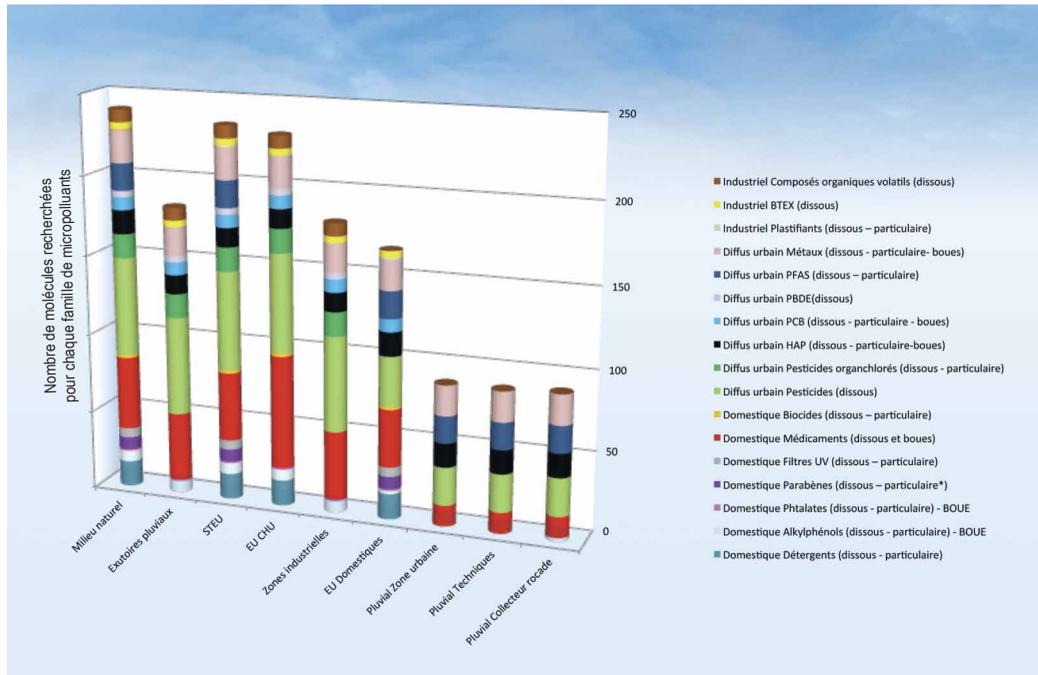
3 - Les options pour l'analyse chimique des échantillons

Des stratégies pour déterminer les micropolluants pertinents à analyser lors des diagnostics ont été présentées dans la partie 4.C, page 43.

Une première donnée importante à prendre en compte pour optimiser la stratégie d'analyses est la provenance de ces eaux : par exemple des eaux de ruissellement draineront des pollutions différentes des eaux usées. L'Annexe 3 (page 84) rapporte les substances retrouvées significativement dans les divers types d'eau par les 13 projets du dispositif MdEU, en fonction des activités émissives. Les limites de quantification utilisées dans ces projets y sont aussi reportées, et peuvent servir de références lors des discussions avec les laboratoires en charge des futures analyses.

La figure 24, page suivante, illustre la prise en compte des caractéristiques diverses des eaux urbaines pour optimiser le choix des molécules qui y ont été recherchées dans le projet Regard, en fonction de leurs usages supposés. Les détergents, parabènes et filtres UV n'y ont, par exemples, été recherchés que pour les eaux sous influence domestique. À l'inverse, les pesticides ou les composés industriels ont été moins investigués dans ces rejets domestiques que dans d'autres types d'eau plus propices à leur présence (exutoires pluviaux et milieu naturel notamment). Les pharmaceutiques ont pour leur part été recherchés en plus grand nombre dans les rejets hospitaliers.

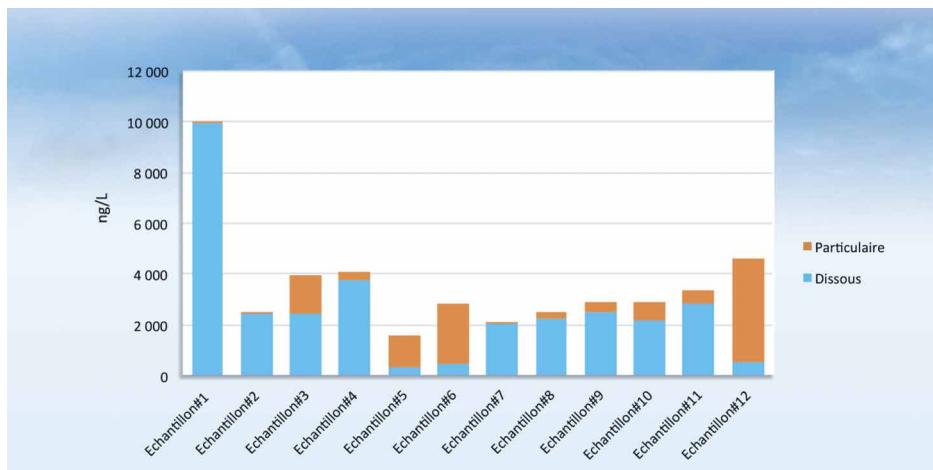
Figure 24



Stratégie adoptée dans le projet Regard pour l'optimisation des listes de micropolluants recherchés en fonction des types d'eaux à caractériser. Graphique issu des informations disponibles dans le rapport Regard sur la cartographie des micropolluants organiques [Regard, 11].

Par ailleurs, certaines familles chimiques sont majoritairement représentées soit dans la phase dissoute des échantillons (molécules hydrophiles), soit dans la phase particulaire (hydrophobes), et pour certaines d'entre elles dans les deux. Il est donc parfois inutile de rechercher certaines molécules dans les deux phases (cas des médicaments, souvent hydrophiles). À l'opposé, pour d'autres molécules, il importe de mesurer les deux phases, comme l'illustre la figure 25 empruntée au projet Regard dans le cas des composés perfluorés dans divers échantillons d'eaux pluviales. Pour certains échantillons, la phase particulaire peut représenter la majorité de la concentration. L'affinité des molécules pour la phase particulaire, ainsi que leur caractère plus ou moins hydrophobe, détermine également leur présence dans les boues d'épuration. Les choix de matrices à échantillonner (fractions dissoute et/ou particulaire) effectués au sein de Regard ont été documentés avec précision dans les restitutions du projet [Regard, 11-12], et pourront servir de référence à de futures opérations de diagnostics.

Figure 25



Concentrations dans les phases dissoutes et particulaires des micropolluants perfluorés recherchés dans divers échantillons d'eaux pluviales au sein du projet Regard [Regard, 11].

D'une façon générale, les projets du dispositif MdEU ont été l'occasion de nombreux développements de méthodes d'analyses pour des contaminants émergents dans les eaux et boues urbaines, permettant d'enrichir significativement la connaissance de la composition chimique des eaux urbaines. Nous donnons ci-dessous les références où sont décrits ces développements, à toutes fins utiles dans des échanges avec les laboratoires impliqués dans des diagnostics.

Les nouveaux protocoles d'analyse documentés dans le dispositif MdEU :

- molécules tensio-actives (résidus de détergents) : [Rilact, 2] ;
- molécules biocides (désinfectants) : [Biotech, 1] ;
- pharmaceutiques, pesticides, filtres anti-UV, biocides conservateurs (parabènes) et désinfectants, hormones : [Rempar, 3] ;
- stupéfiants : [Seneur, 1] ;
- et dans le cadre du projet Regard [Regard 11] : bisphénol A, 6 filtres UV, 8 parabènes, 2 biocides (triclosan et chlorexidine) ainsi que 17 composés perfluorés.

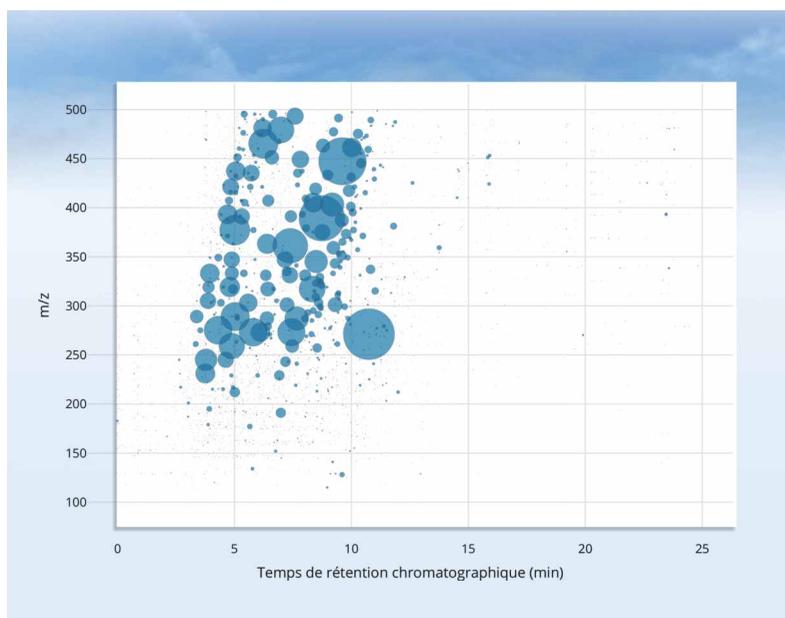
En complément, le guide opérationnel Aquaref « Opérations d'analyse physico-chimique des eaux résiduaires urbaines et industrielles dans le cadre des programmes de surveillance » [23] constitue une référence détaillée et utile pour édicter correctement les conditions à remplir par les laboratoires d'analyse.

4 - Du nouveau pour l'exploration de la pollution des eaux urbaines : le recours à l'analyse chimique non ciblée

Le diagnostic chimique classique est basé sur des techniques d'analyses dites « ciblées », c'est-à-dire que les seules molécules détectées sont des molécules préalablement identifiées dans une liste de composés à rechercher. Une approche alternative se développe depuis quelques années en chimie environnementale, dite « non ciblée », qui permet à partir d'acquisitions à large spectre de détecter la présence de signaux analytiques associés à des molécules non identifiées dans la phase initiale du diagnostic.

Certains projets du dispositif MdEU ont été l'occasion de tester des méthodes d'analyse non ciblée sur des eaux urbaines. Cette approche a ainsi pu être mise en œuvre de façon pionnière dans les eaux pluviales, au sein du projet Roulépur [Roulépur, 2]. Elle est illustrée par la figure 26. La méthode a permis de mettre en évidence des différences très significatives sur la pollution globale de quatre sites urbains différents (voiries et parkings), avec un nombre de signaux analytiques de forte intensité variant d'un facteur 12 entre ces différents sites.

Figure 26



Restitution graphique des signaux d'analyse non-ciblée obtenus à haute résolution spectrale à partir des eaux d'une voie routière parisienne dans le cadre du projet Roulépur [Roulépur, 2]. Chaque cercle correspond à un composé chimique a priori non identifié, les diamètres représentant l'intensité des signaux. L'association d'un temps de rétention chromatographique (en x) et d'une valeur « m/z » renseignée par le spectromètre de masse (en y) caractérisent les divers composés.

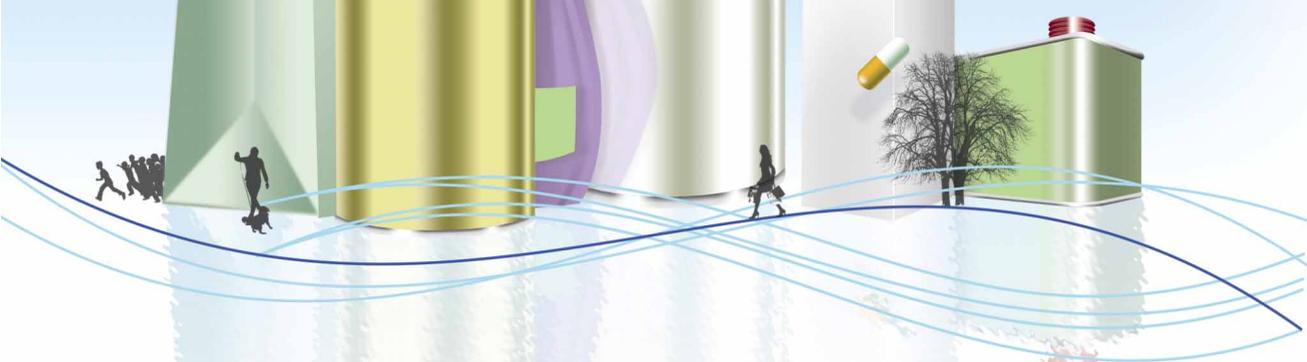
Qualitativement, la méthode a permis de mettre en évidence des différences très significatives sur la pollution globale de quatre sites urbains différents (voiries et parkings), avec un nombre de signaux analytiques de forte intensité pouvant varier d'un ordre de grandeur entre ces différents sites.

Cette méthode appliquée dans Roulépur a également mis en évidence une forte contamination, sur chaque site, de la 1,3 diphénylguanidine, un produit non recherché en analyse ciblée et utilisé comme accélérateur de vulcanisation dans les procédés de fabrication de caoutchouc et en particulier de pneumatiques automobiles. Cette substance a récemment été détectée dans des eaux de surface et des eaux souterraines en Europe et est considérée comme un polluant mobile et persistant dans l'environnement [24]²².

Cette technique « non ciblée » a aussi été mise à profit dans les eaux usées, au sein cette fois du projet Regard [Regard, 10]. Elle a permis notamment de montrer que plus de 6 000 composés arrivent en entrée de STEU (!), et que 17 % d'entre eux résistent aux traitements, puisqu'ils sont aussi détectés dans les effluents de sortie de station. Parmi ces composés, une présence importante de tensioactifs a pu être mise en évidence, tels que les polyéthylènes glycol utilisés par exemple dans les cosmétiques ou les alcools éthyoxylés utilisés comme détergents. En outre, des milliers de molécules non détectées en entrée apparaissent dans les spectres en sortie, suggérant leur production au sein de la STEU, en tant que produits de transformation.

Toutes ces molécules ne présentent heureusement pas nécessairement des profils écotoxiques *a priori* problématiques (ils ne peuvent pas être qualifiés systématiquement de « micropolluants »). Mais, il est certain qu'une partie de ces composés contribue à impacter les milieux récepteurs, d'où l'importance de faire progresser ce type de méthodes afin d'améliorer rapidement notre connaissance de la véritable signature chimique des eaux urbaines, et d'en identifier les aspects les plus problématiques.

22 - L'Anses a récemment estimé qu'elle présente une toxicité pour les organismes de l'environnement, justifiant à la fois la proposition d'une classification pour sa toxicité aquatique (mention de danger H412 selon le règlement CLP) et la nécessité de limiter les émissions vers le compartiment aquatique.



c - L'apport des outils de caractérisation écotoxicologique des eaux urbaines

L'identification des flux de micropolluants vers les milieux aquatiques récepteurs, et le développement de solutions pour la réduction de ces flux, se heurtent à plusieurs problèmes techniques.

D'une part, la quantification de l'ensemble des substances est rendue difficile par le nombre et la diversité des micropolluants recherchés et nécessite donc la mise en place d'un arsenal de méthodes analytiques à la fois coûteux et complexe. Comme l'a montré l'application de l'analyse non ciblée en sortie de STEU à Bordeaux, l'analyse chimique ne permet pas à elle seule d'épuiser toute la question des micropolluants, du fait du nombre de molécules de synthèse (et de l'existence de leurs produits de dégradation) qui peut potentiellement se retrouver dans les eaux urbaines. Elle ne garantit pas, en outre, de détecter les concentrations dans l'environnement de toutes les molécules pré-identifiées, qui sont parfois inférieures aux limites de quantification des appareils analytiques.

D'autre part, la quantification de quelques dizaines de molécules réglementées ne permet pas d'évaluer les potentiels toxiques et écotoxiques de ces flux de micropolluants, pour lesquels les effets de mélange peuvent parfois conduire à un potentiel de toxicité supérieur à la somme des toxicités de chacune des substances.

C'est pourquoi la plupart des projets du dispositif MdEU ont cherché à compléter leur diagnostic chimique par l'emploi d'outils biologiques comme des bioessais et des biomarqueurs fondés sur la détection des effets des micropolluants sur des organismes vivants ou des portions d'organismes (par exemple les cellules).

La mise en œuvre de bioessais *in vitro* (dont le support de test est constitué de cellules spécifiques, typiquement logés dans des plaques multi-puits [Lumieau-Stra, 16]) est conseillée, par exemple, quand on cherche à identifier la source de composés ayant des effets spécifiques, tels que la perturbation endocrinienne. Ce type de bioessais reposant sur l'interaction entre un contaminant et un récepteur cellulaire sont des outils applicables en laboratoire (*ex situ*) sur des extraits organiques d'échantillons d'eaux (usées ou pluviales) plus ou moins concentrés en polluants²³. Ils sont performants pour cartographier un réseau vis-à-vis de micropolluants d'intérêt (éco)toxicologique et identifier les sources de micropolluants partageant de mêmes modes d'action toxiques.

Il existe aussi des bioessais dits « d'écotoxicité *in vivo* » (bioessais sur individus vivants comme les daphnies ou les gammarès), applicables *ex situ*, ou directement *in situ* dans le milieu récepteur dans des approches dites de « bio-surveillance active ».

D'une façon générale, il s'agit d'une approche complémentaire à l'analyse chimique ciblée, voire une alternative, en premier criblage, pour certaines familles de molécules comme les hormones qui produisent des effets à des teneurs très faibles, difficilement détectables en chimie classique.

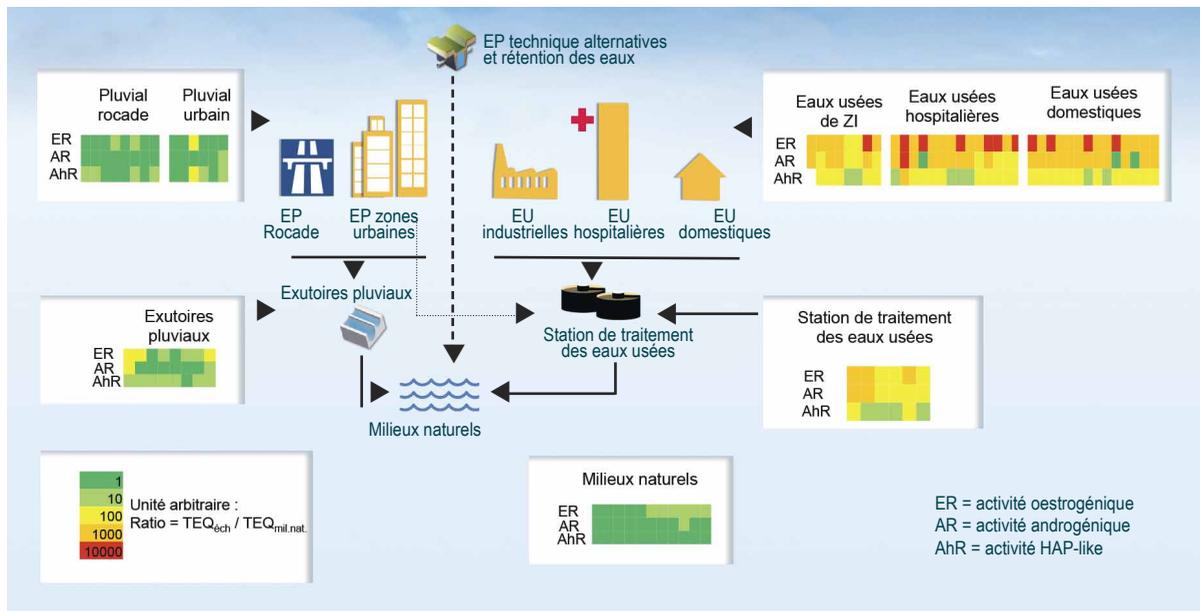
23 - Ces essais utilisent des lignées cellulaires (mammaliennes, de poissons) ou des bactéries et des levures génétiquement modifiées et ayant intégré de manière stable un gène rapporteur dont la transcription est activée/modulée par la liaison entre un contaminant et un récepteur nucléaire.

1 - Cartographier la toxicité des eaux urbaines

Des retours d'expérience détaillés de ces outils de détection des effets toxiques ont été produits dans le cadre des projets Micropolis-indicateurs [Micropolis, 1] Cosmeteau [Cosmeteau, 1] et Regard [Regard, 13], où les diagnostics d'écotoxicité ont été étendus à la caractérisation des sources domestique, industrielle, hospitalière et pluviale, par rapport aux activités de perturbation endocrinienne (effets estrogéniques, androgéniques, ou de types corticoïdes), ou à des modes d'actions de type dioxines et HAP.

Dans le cas du projet Micropolis, cette approche déclinée sur toute une batterie de bioessais a ainsi permis de mettre en évidence une réduction de la toxicité des eaux usées tout au long de la filière de traitement de la STEU de Sophia-Antipolis disposant de traitements avancés, même si la présence d'activités génotoxiques et endocriniennes résiduelles restait observable après traitement. L'application de cette démarche dans le cadre des projets Regards et Micropolis a permis d'établir une cartographie innovante de la toxicité du réseau de collecte des eaux usées en fonction des différentes typologies de toxicité recherchées, comme illustré par la figure 27. La méthode s'est aussi montrée utile pour identifier des points d'intérêt (*hotspots*, couleurs chaudes dans la figure 27), présentant un profil atypique de toxicité et/ou une ou des activités particulièrement élevées, en vue de la recherche et de l'identification de micropolluants responsables de cette toxicité.

Figure 27



Synthèse de profils d'activités in vitro mesurés en divers points dans les eaux urbaines prélevées dans le cadre du projet Regard [Regard, 13]. Les résultats sont présentés pour les divers échantillons sous forme de ratios, c'est-à-dire en unité « Équivalent toxiques » pour l'échantillon (TEQ_{ech}) rapportée au milieu naturel en amont de rejets urbains (TEQ_{mil.net}).

L'Annexe 4 (page 92) établit un panorama de l'ensemble des outils biologiques et écotoxicologiques déployés à l'occasion des 13 projets du dispositif MdEU, détaille leurs applications à divers types d'eaux urbaines, et renvoie le lecteur sur les références correspondantes.

2 - Rechercher et identifier des micropolluants à l'aide de bioessais

Les outils biologiques et chimiques apportent donc des informations complémentaires pour le diagnostic, les premiers permettant la prise en compte de l'effet potentiel sur la biodiversité de micropolluants non connus *a priori*, et les seconds permettant d'identifier et quantifier des micropolluants connus, conditions nécessaires à leur gestion en amont. Le couplage des deux outils est donc une option prometteuse.

Une modalité de ce couplage, appelée Analyse dirigée par les effets (EDA), a été testée sur les eaux urbaines dans deux projets du dispositif MdEU. L'objectif de la démarche EDA est la recherche et l'identification éventuelle des micropolluants responsables des effets toxiques mis en évidence par les bioessais sur des points d'intérêt du réseau d'assainissement. L'approche est basée sur des processus physico-chimiques de fractionnement per-

mettant de réduire la complexité de l'échantillon. Le fractionnement consiste à diviser l'échantillon en différents éléments appelés fractions. Chaque fraction collectée est testée biologiquement à l'aide de bioessais *in vitro* spécifiques de modes d'action (activités endocriniennes, génotoxicité, etc.) pour mettre en évidence les fractions contenant les composés actifs. Des analyses chimiques sont ensuite réalisées sur les fractions actives pour identifier les molécules présentes.

L'EDA permet de guider les analyses chimiques pour se focaliser uniquement sur les fractions d'intérêt et *in fine* sur les composés ayant un effet biologique observable par les bioessais mobilisés. Par conséquent, cette approche peut amener à l'identification de molécules non recherchées ou inconnues (par exemple : métabolites, produits issus de la photodégradation...).

Les projets Regard [Regard, 10] et Micropolis [Micropolis,1] ont ainsi pu mettre en évidence via l'EDA la contribution significative aux effets perturbateurs endocriniens détectés dans les eaux urbaines de molécules très utilisées dans les produits de grande consommation telles que le biocide conservateur éthylparabène, ou les plastifiants bisphénols A et S. Une autre molécule moins attendue mais mise en évidence dans les deux projets est la daidzéine, un phytoestrogène présent dans le soja, qui nous rappelle que les bioessais réagissent à toute une variété de composés, y compris des composés d'origine naturelle.

L'avantage d'une telle approche, bien que complexe, est de mettre en évidence le lien de cause à effet existant entre les composés présents dans un échantillon et l'activité biologique mesurée. La simplification de l'échantillon permet également de mettre en évidence des effets de mélange entre les composés. En effet, la perte de l'activité biologique après le fractionnement peut résulter de la séparation des molécules interagissant entre elles.

Au final, le Tableau 3, établi dans le cadre du projet Micropolis-Indicateurs [Micropolis, 1], propose un bilan des applications possibles des méthodes basées sur les effets biologiques des micropolluants. Certaines applications sont désormais possibles à partir de dispositifs commerciaux (éléments du tableau surlignés en vert), avec des utilisations potentielles pour des diagnostics menés sur un nombre conséquent de territoires.

Tableau 3. Applications possibles des méthodes de détection des effets biologiques des micropolluants

	Bioessais <i>in vivo</i> (labo)	Bioessais <i>in vitro</i>	Démarche EDA	Bioessai <i>in vivo ex situ</i> (gammare)	Biomonitoring	
					Actif - Encagement de gammare	Passif - Biomarqueurs poissons
Caractérisation de la toxicité des eaux usées	Applicable à l'intégralité du système d'assainissement Complémentarité des différents effets/activités biologiques pour la création de profils de toxicité et de cartographie «toxicité» du réseau Identification de points d'intérêt			Applicable à l'effluent secondaire et tertiaire		
Identification des micropolluants		Identification de fractions actives par bioessai				
Évaluation des performances de traitement	Applicable au traitement conventionnel (tous) et aux traitements avancés (<i>in vitro</i>) Prise en compte des sous-produits d'oxydation et de transformation			Applicable aux traitements avancés Prise en compte des sous-produits d'oxydation et de transformation		
Évaluation des risques environnementaux (NQE, valeur seuil)		Comparaison à une valeur seuil pour l'activité oestrogénique				
		À développer pour les autres bioessais				
Évaluation de l'impact du rejet sur la qualité du milieu				Caractérisation de l'impact potentiel via le test de plusieurs taux de dilution	Caractérisation de l'empreinte chimique du milieu et de l'impact toxique du rejet sur le milieu récepteur	Information sur l'exposition aux contaminants dans le milieu récepteur pour différentes grandes fonctions physiologiques du poisson. Influence de facteurs environnementaux

■ Outil/méthode opérationnel et disponible dans le commerce
 ■ Nécessite un développement complémentaire et/ou un transfert industriel

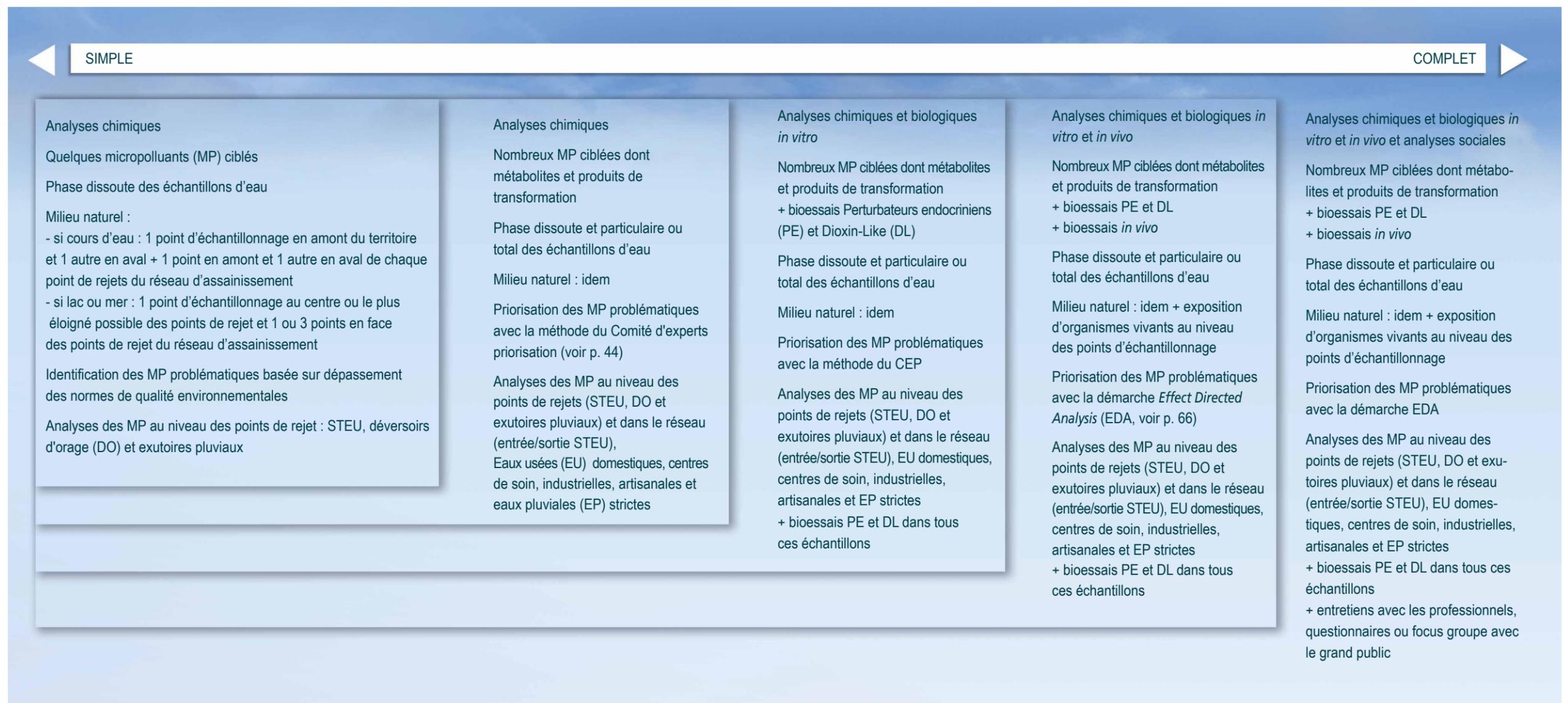


D - Au final, quels scénarios possibles pour les diagnostics terrains ?

Le projet Regard a proposé une gradation dans le dimensionnement du diagnostic terrain à mettre en œuvre, en fonction des moyens mobilisables et de la complétude des informations souhaitées [Regard, 5]. La figure 28 illustre ces scénarios. Depuis une démarche simplifiée (semblable à celle préconisée pour le RSDE-STEUE), les scénarios s'étoffent progressivement, prenant en compte successivement davantage de polluants, puis intégrant l'utilisation d'outils chimiques et bio-analytiques de plus en plus élaborés (pour prendre en compte des pollutions non identifiées chimiquement), pour enfin intégrer l'appui des sciences humaines et sociales, notamment afin de prioriser certaines sources disposant de leviers d'actions effectifs.

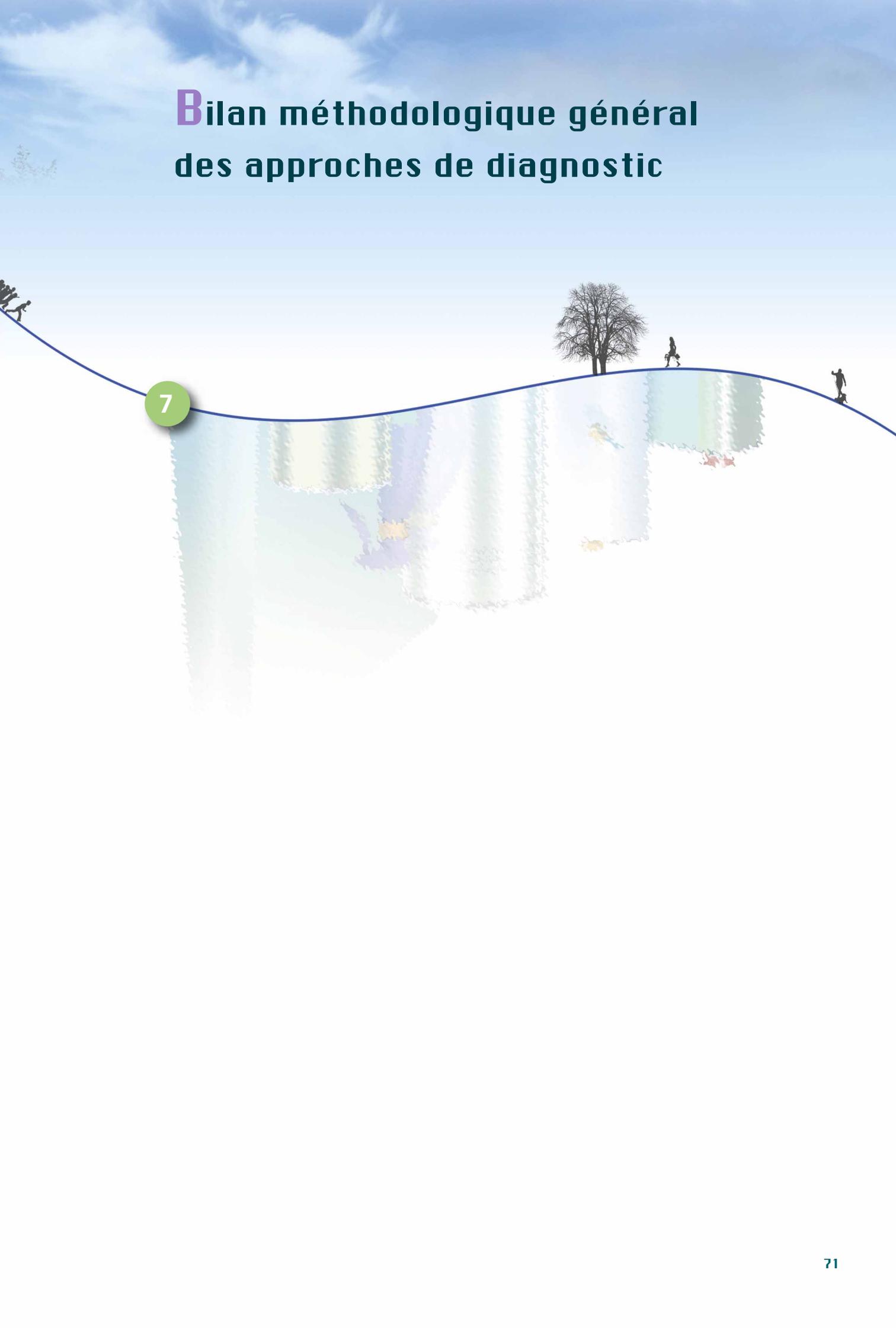
Cette gradation n'est toutefois pas universelle, et il est bien entendu possible de panacher ces diverses modalités de diagnostic en fonction d'objectifs spécifiques au contexte local.

Figure 28

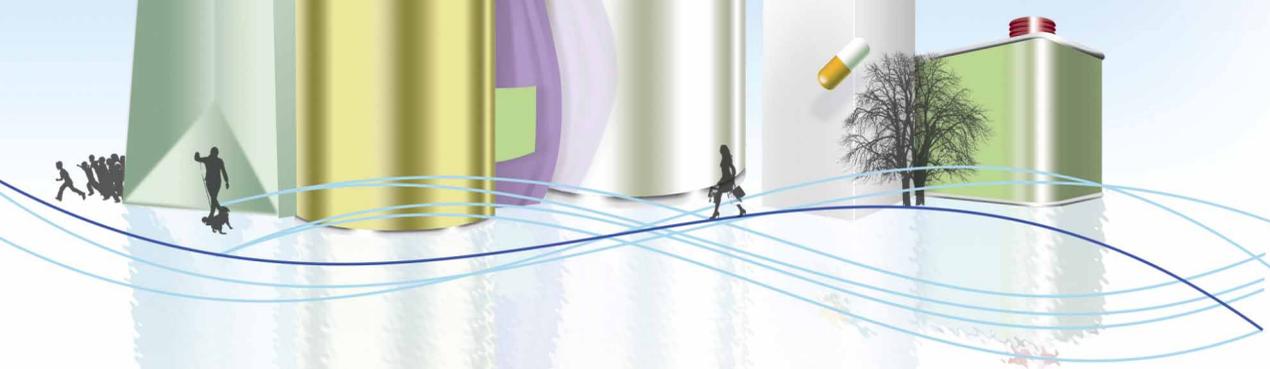


Divers formats de diagnostics micropolluants, de richesse et d'ambition croissantes [Regard, 5].

Bilan méthodologique général des approches de diagnostic



7



Au bilan, le diagramme de la figure 29 illustre une synthèse des deux approches complémentaires de diagnostic détaillées dans le présent recueil, approches dirigées par les impacts ou par les pressions, et montre leur articulation avec la phase suivante d'identification priorisée d'actions de réduction des pollutions.

Les différentes parties du présent document permettant de guider le porteur du diagnostic sont également indiquées par leurs numéros de partie/paragraphe dans ce diagramme.

Figure 29

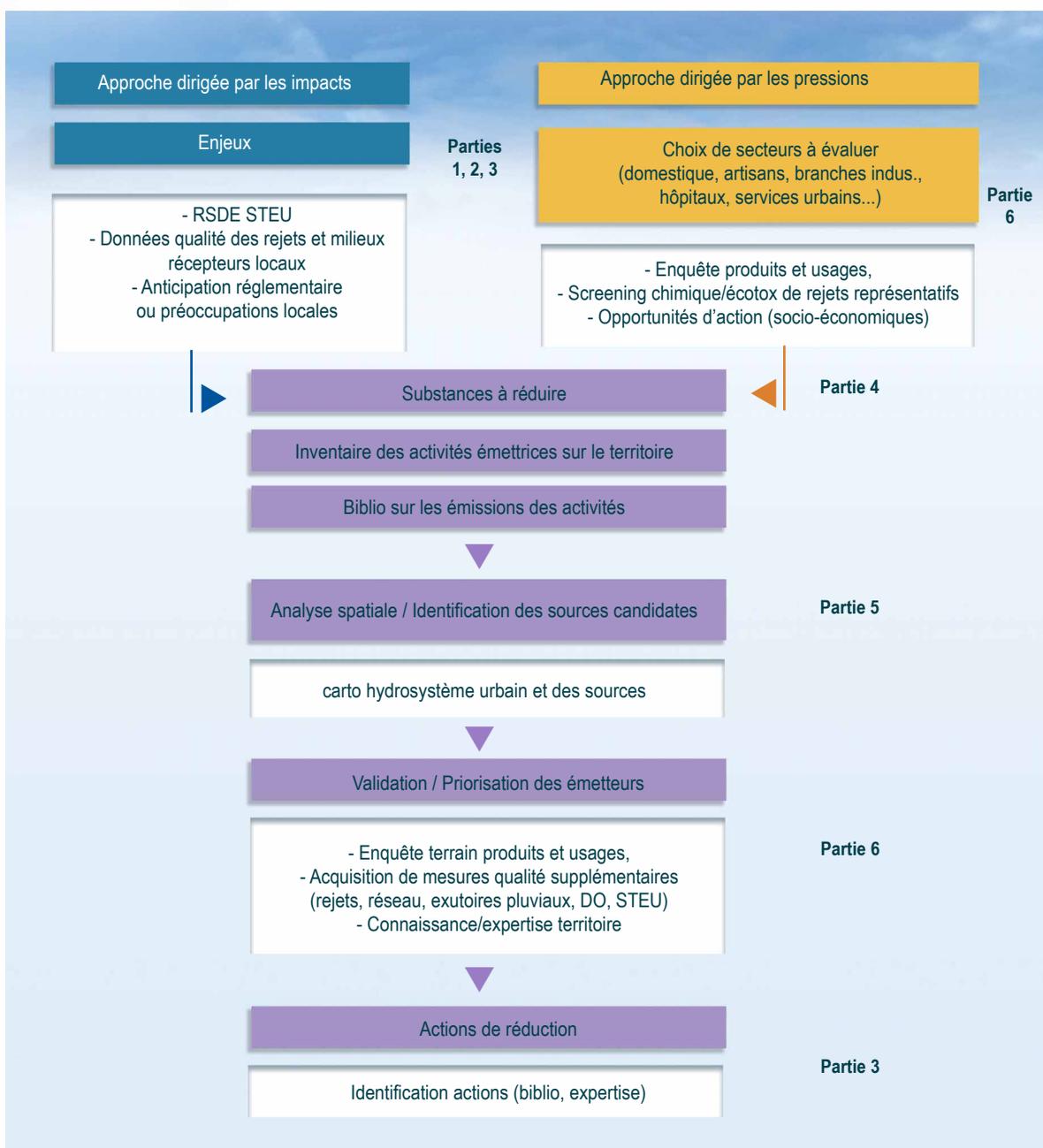
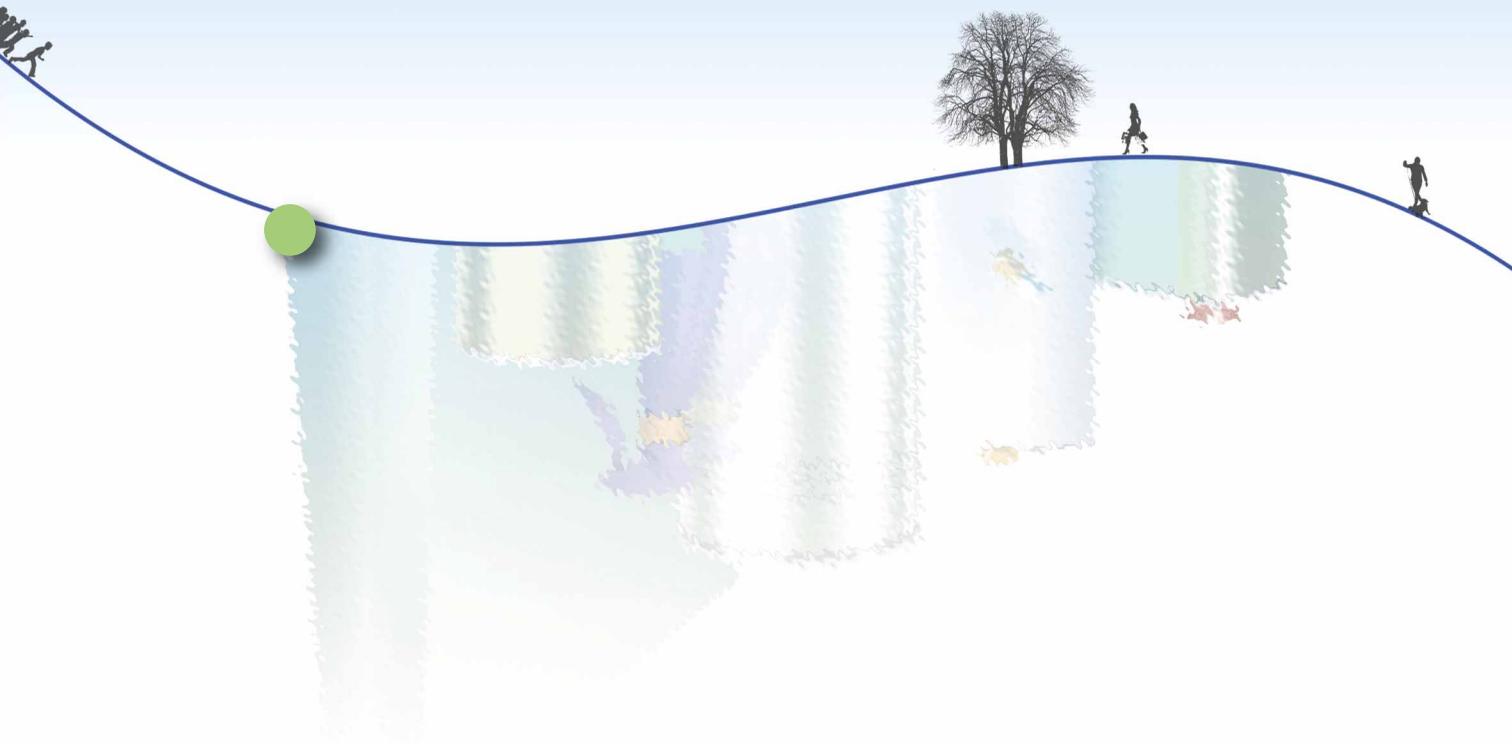


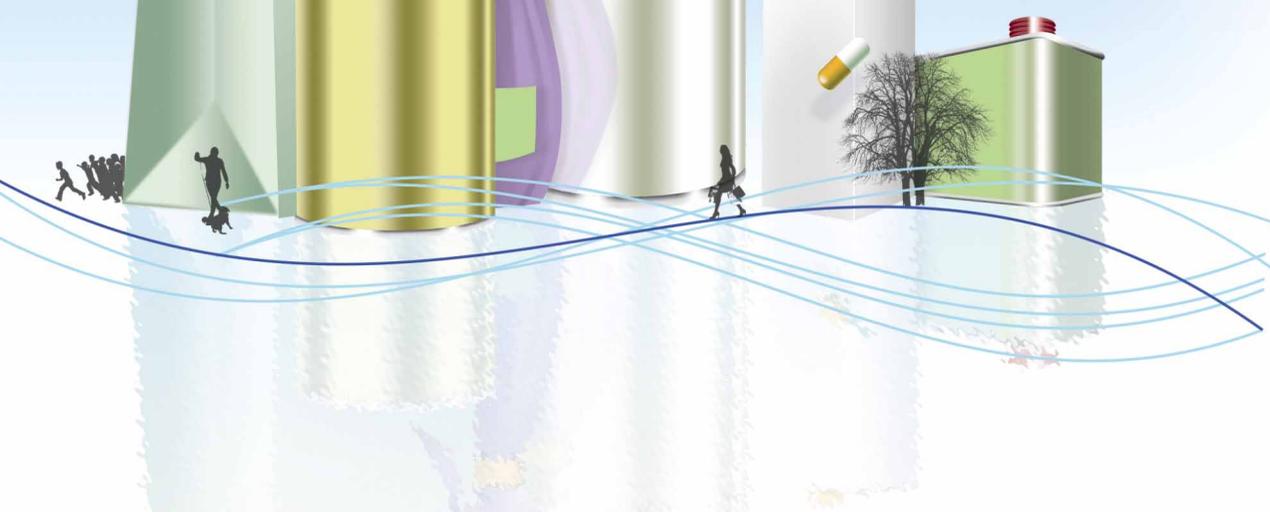
Schéma des deux approches de diagnostic micropolluants urbains : phase de diagnostic dirigée par les impacts (en bleu), ou dirigée par les pressions (jaune). En violet les étapes ultérieures du diagnostic, communes aux deux approches. Face à ces étapes sont mentionnées les parties du présent recueil qui guident ces différentes étapes.

Conclusions et perspectives

Annexes



74	■ Conclusions et perspectives
76	■ Annexe 1
82	■ Annexe 2
84	■ Annexe 3
92	■ Annexe 4



Nous l'avons vu, la ville est le lieu où se concentre l'usage de la plus grande quantité de composés chimiques. Les produits et matériaux qui y sont utilisés ne sont pas aujourd'hui conçus pour éviter de façon suffisante la libération de ces composés, lors de leurs usages ou de leur usure. Les résidus de nombreux produits utilisés par les ménages ont même directement vocation à rejoindre les eaux usées après usage, tels les produits nettoyeurs ou cosmétiques. Si l'on considère en outre les rejets pluviaux, industriels ou des activités artisanales, les eaux urbaines véhiculent de ce fait des flux très conséquents de micropolluants, qui ensuite impactent les écosystèmes qui les reçoivent, faute d'être suffisamment dégradés auparavant.

La réglementation européenne régissant la mise sur le marché de ces produits et matériaux, bien qu'étant probablement la plus exigeante au monde, n'est pas aujourd'hui dimensionnée pour prévenir ces impacts. Les réglementations environnementales, et notamment la directive cadre sur l'eau, constituent un second niveau de protection, reposant sur l'action des acteurs des bassins versants et des territoires (notamment via les plans d'action opérationnels territoriaux) pour lutter contre ces « fuites polluantes ». Ce second niveau de protection ne peut cependant qu'apporter une contribution partielle à cette lutte, les moyens affectés à sa mise en œuvre restant limités au regard des enjeux écologiques réels, sachant par ailleurs que les pollutions et leurs sources sont extrêmement diverses et spatialement dispersées. Les acteurs de ces territoires, et notamment les collectivités, ne sont pas nécessairement armés pour élaborer des stratégies d'actions efficaces face à cette multiplicité des menaces.

Prenant acte de ces déficiences, et dans le cadre de son « Pacte vert », la politique environnementale communautaire affiche récemment des intentions d'évolutions importantes à l'échéance de quelques années, qui ambitionnent de corriger ces insuffisances, notamment au travers du récent « Plan d'actions vers zéro pollution pour l'air, l'eau et les sols » [33]. Celui-ci ambitionne en effet de privilégier des processus innovants de conception et de production propres, et de changement de comportements. Il entend stimuler les actions urbaines à finalité « zéro pollutions ». Il réaffirme par ailleurs l'ambition de mettre à jour les substances à surveiller dans les eaux dans le cadre de la DCE. Il fait aussi référence à des évolutions prochaines de la directive sur les eaux résiduaires urbaines relatives à la prise en compte des contaminants émergents, et notamment des résidus pharmaceutiques. Enfin ce plan accompagne la toute récente Stratégie européenne de soutenabilité sur les produits chimiques [34], qui vise à limiter les interactions humaines et environnementales avec des matières potentiellement toxiques, en améliorant l'évaluation pour la mise sur le marché, en informant mieux sur les compositions, en renforçant les normes sur les émissions des sites de production, et en développant le recyclage et la remédiation. Une stratégie européenne sur les pharmaceutiques dans l'environnement a également été édictée en 2019 [35].

Tout ce paysage pré-réglementaire s'accorde très bien avec la nécessité déjà identifiée il y a plusieurs années d'une prise en compte renforcée de la question des micropolluants par les acteurs des territoires urbains, qui avait présidé au lancement par le ministère français de l'environnement, les agences de l'eau et l'OFB, du dispositif national pilote « Micropolluants des eaux urbaines » (MdEU), et qui nous a incité à l'élaboration du présent recueil. Celui-ci s'est attaché à centraliser toutes les avancées issues du dispositif MdEU qui permettent l'amélioration de la phase de diagnostic des enjeux locaux associés aux micropolluants par les collectivités et leurs partenaires. De nombreuses références relatives produites par les 13 projets du dispositif y sont ainsi

renseignées, en accompagnant leur prise en compte par le lecteur au fil des étapes du diagnostic : étapes préparatoires, identification et mobilisation des acteurs du diagnostic, cartographie hiérarchisée des émetteurs de pollution, puis déploiement éventuel d'outils de mesures chimiques ou de toxicité pour consolider le diagnostic.

La forte implication de collectivités dans ces projets pilotes aura permis la mise à disposition de retours d'expérience soucieux de répondre aux réalités locales, et à cet égard plus facilement appropriables par les acteurs territoriaux.

Au long de ce recueil nous avons veillé à identifier le caractère structurant pour ces diagnostics des exigences réglementaires existantes, en particulier le dispositif RSDE-STEU, qui impose à certaines collectivités une démarche spécifique consistant à retracer les flux polluants depuis les signaux chimiques enregistrés au niveau d'une STEU jusqu'aux sources de certains micropolluants situées en amont du réseau d'assainissement. Ce cadre constitue effectivement un levier fort sur lequel appuyer la mise en œuvre de diagnostic micropolluants sur le territoire urbain.

Cependant, le processus RSDE-STEU ne concerne à ce stade que les collectivités disposant de grosses stations de traitement des eaux usées de plus de 10 000 EH. Or toutes les collectivités sont concernées par la pollution toxique véhiculée par les eaux usées et pluviales. Leur prise en compte au sein des schémas de gestion des eaux (SAGE) devrait notamment être davantage soutenue, et les méthodologies présentées dans ce recueil peuvent y aider.

Les enjeux environnementaux locaux mais aussi sociétaux (demande citoyenne et politiques) et l'aménagement du territoire (nouveaux quartiers, nouvelles entreprises...) étant amenés à évoluer, il est important d'intégrer le principe d'une démarche de diagnostic local qui ne soit pas ponctuelle, mais au contraire pérenne et actualisable, en visant notamment la cohérence avec le diagnostic permanent requis par l'arrêté du 21 juillet 2015 fixant les prescriptions techniques applicables aux systèmes d'assainissement collectif [36].

Nous avons essayé de prendre en compte au travers du présent recueil l'espace qui existe pour les territoires pour enrichir le diagnostic en allant au-delà du socle réglementaire actuel, sur la base d'approches complémentaires intégrant par exemple la dimension sociétale des micropolluants, en lien notamment avec l'origine domestique de nombreuses pollutions. Nous y avons mis en avant l'importance de se préoccuper d'autres types de micropolluants, tels les résidus de médicaments, de cosmétiques ou de détergents et biocides, qui font de plus en plus l'objet d'actualités réglementaires au niveau européen. Nous avons montré qu'il était possible de prendre en compte d'autres types de sources de pollutions, par exemple celles qui contribuent à la dégradation de la qualité des eaux pluviales. Enfin nous nous sommes attachés à valoriser de nouveaux outils numériques ou instrumentaux, éprouvés par les divers projets du dispositif MdEU, et qui apportent de nombreuses informations supplémentaires au diagnostic.

Enfin, à l'échelle locale, il semble important de faire aussi en sorte que la lutte contre les micropolluants puisse entrer dans les feuilles de route environnementales des collectivités. De plus en plus de collectivités adoptent un plan climat énergie territorial (PCAET) qui identifie les enjeux environnementaux spécifiques du territoire, des objectifs et un plan d'action. Identifier les micropolluants comme sujet transversal dans une feuille de route locale peut être un levier efficace pour assurer leur prise en compte dans la déclinaison d'actions relatives à chaque thématique environnementale : eau, déchets, santé environnementale, etc.

Annexe 1. Références bibliographiques issues du dispositif micropolluants des eaux urbaines identifiant les familles de micropolluants traitées et les compartiments du système urbain où elles ont été recherchées

Informations disponibles														
Projets	Documents et modalités d'accès	Familles de composés	Informations sur l'usage des substances	Eaux domestiques	Eaux industrielles et artisans	Effluents d'hôpitaux et autres établissements collectifs	Mélanges d'eaux usées et émissaires en amont du réseau et eaux d'entrée de STEU	Eaux de sortie de STEU	Boues d'épuration	Déversoirs d'orage	Eaux pluviales (ruissellement, réseau séparatif et collecteurs)	Ouvrages amont de gestion du pluvial	Informations sur les émissions et les flux polluants	Informations sur l'abattement des polluants (STEU, ouvrages)
Regard	[Regard, 11] https://professionnels.ofb.fr/node/322 rubrique Cartographie de la pollution des eaux en ville	Pharmaceutiques Filtres UV Biocides/Antimicrobiens Pesticides Alkylphénols BTEX COV PCB PBDE Perfluorés HAP Plastifiants		X	X	X	X	X	X		X	X	X	X
Regard	[Regard, 12] https://professionnels.ofb.fr/node/322 rubrique Cartographie de la pollution des eaux en ville	Métaux		X	X	X	X	X	X		X	X	X	X
Regard	[Regard, 6] Étude de la source Industrielle https://professionnels.ofb.fr/node/322 rubrique Quelles activités sont émettrices de substances DCE?	RSDE (métaux, les pesticides, les HAP, les COHV, les chlorobenzènes, les alkylphénols, les organoétains, BTX...)			X								X	
Regard	[Regard, 3]	Pharmaceutiques Filtres UV Biocides/Antimicrobiens Pesticides Alkylphénols BTEX COV PCB PBDE Perfluorés HAP Plastifiants	X											

Informations disponibles

Projets	Documents et modalités d'accès	Familles de composés	Informations sur l'usage des substances	Eaux domestiques	Eaux industrielles et artisans	Effluents d'hôpitaux et autres établissements collectifs	Mélanges d'eaux usées et émissaires en amont du réseau et eaux d'entrée de STEU	Eaux de sortie de STEU	Boues d'épuration	Déversoirs d'orage	Eaux pluviales (ruissellement, réseau séparatif et collecteurs)	Ouvrages amont de gestion du pluvial	Informations sur les émissions et les flux polluants	Informations sur l'abattement des polluants (STEU, ouvrages)
Rempar	[Rempar, 3] https://professionnels.ofb.fr/node/322 rubrique Cartographie de la pollution des eaux en ville	Pharmaceutiques Hormones Organostanniques Biocides/Antimicrobiens Filtres UV Pesticides Métaux					X	X					X	X
Rempar	[Rempar, 2] https://professionnels.ofb.fr/node/322 rubrique Composition de certains rejets domestiques ou professionnels	Pharmaceutiques Biocides Détergents	X			X	X						X	
Rempar	[Rempar, 4] https://professionnels.ofb.fr/node/322 rubrique Composition des eaux pluviales urbaines	Métaux HAP Pesticides Biocides									X	X	X	X
Rilact	[Rilact, 2] https://professionnels.ofb.fr/node/322 rubrique Composition de certains rejets domestiques ou professionnels	Détergents Biocides		X		X	X	X						
Rilact	[Rilact, 3] https://professionnels.ofb.fr/node/322 rubrique Composition de certains rejets domestiques ou professionnels	Pharmaceutiques					X						X	
Cosmet'Eau	[Cosmeteau, 1] https://professionnels.ofb.fr/node/322 rubrique Cartographie de la pollution des eaux en ville	Biocides conservateurs Plastifiants		X		X	X	X		X			X	X
Cosmet'Eau	[Cosmet'eau, 2] https://hal-enpc.archives-ouvertes.fr/hal-02140030/document	Alkylphénols Plastifiants Biocides conservateurs		X	X		X	X					X	
Biotech	[Biotech, 1] https://professionnels.ofb.fr/node/322 rubrique Composition de certains rejets domestiques ou professionnels	Biocides Conservateurs Détergents	X			X	X	X					X	

Informations disponibles

Projets	Documents et modalités d'accès	Familles de composés	Informations sur l'usage des substances	Eaux domestiques	Eaux industrielles et artisans	Effluents d'hôpitaux et autres établissements collectifs	Mélanges d'eaux usées et émissaires en amont du réseau et eaux d'entrée de STEU	Eaux de sortie de STEU	Boues d'épuration	Déversoirs d'orage	Eaux pluviales (ruissellement, réseau séparatif et collecteurs)	Ouvrages amont de gestion du pluvial	Informations sur les émissions et les flux polluants	Informations sur l'abattement des polluants (STEU, ouvrages)
Micro-Reuse	[Micro-Reuse, 1] https://professionnels.ofb.fr/fr/node/779 rubrique Réduction des micropolluants par les technologies de traitement et d'assainissement	Pharmaceutiques Inhibiteurs de corrosion Plastifiant Biocides et conservateurs Alkylphénol					X	X						X
Seneur	[Seneur, 1] https://professionnels.ofb.fr/node/322 rubrique Cartographie de la pollution des eaux en ville	Pharmaceutiques Stupéfiants				X	X	X					(X)	(X)
LumiEau	[Lumieau-Stra, 6] https://professionnels.ofb.fr/node/322 rubrique Cartographie de la pollution des eaux en ville	RSDE (métaux, les pesticides, les HAP, les COHV, les chlorobenzènes, les alkylphénols, les organoétains, BTEX...) Pharmaceutiques Biocides conservateurs Plastifiants		X	X						X		X	
LumiEau	[Lumieau-Stra, 7-10]	Substances DCE	X		X									
Roupleur	[Roupleur, 1] https://professionnels.ofb.fr/node/322 rubrique Composition des eaux pluviales urbaines	Alkylphénols Plastifiants Organostanniques et phosphates PBDE Perfluorés Ethers oxygénés de l'essence Benzophénones Inhibiteurs de corrosion	X								X			
Roupleur	[Roupleur, 3] https://www.leesu.fr/IMG/pdf/kelsey_flanagan_these-2.pdf	Métaux HAP Alkylphénols Plastifiants									X	X	X	X
Roupleur	[Roupleur, 2]	Métaux HAP Alkylphénols Plastifiants PBDE et retardateurs de flamme bromés Inhibiteurs de corrosion Perfluorés Organostanniques Ethers oxygénés de l'essence Benzophénones									X	X		
Micro-mégas	[Micromégas, 1] https://professionnels.ofb.fr/fr/node/15 rubriques Résultats	Métaux Pesticides HAP Alkylphénols Plastifiants PBDE	X								X			

Informations disponibles

Projets	Documents et modalités d'accès	Familles de composés	Informations sur l'usage des substances	Eaux domestiques et artisans	Eaux industrielles	Effluents d'hôpitaux et autres établissements collectifs	Mélanges d'eaux usées et émissaires en amont du réseau et eaux d'entrée de STEU	Eaux de sortie de STEU	Boues d'épuration	Déversoirs d'orage	Eaux pluviales (ruissellement, réseau séparatif et collecteurs)	Ouvrages amont de gestion du pluvial	Informations sur les émissions et les flux polluants	Informations sur l'abattement des polluants (STEU, ouvrages)
Convention Arceau-AFB	[21] Que sait-on des micropolluants dans les eaux urbaines ? http://www.arceau-idf.fr/ouvragemicropolluants	Tous	X	X		X	X	X	X		X	X	X	X
RSDE – Campagnes 2018	[25] Analyses des résultats sur les bassins Rhône-Méditerranée et Corse https://www.eaurmc.fr/jcms/pro_99323/fr/rsde-campagnes-2018-analyses-des-resultats-sur-les-bassins-rm-et-corse	RSDE (métaux, les pesticides, les HAP, les COHV, les chlorobenzènes, les alkylphénols, les organoétains, BTEX...)					X	X	X					
Convention Ineris-Onema	[25] Substances dangereuses pour le milieu aquatique dans les rejets des stations d'épuration urbaines. Action Nationale de recherche et de réduction (RSDE STEU 3) - Exploitation des résultats.	RSDE (métaux, les pesticides, les HAP, les COHV, les chlorobenzènes, les alkylphénols, les organoétains, BTEX...)						X					X	
RSDE	Matrice Polluants/Activités de l'Ineris https://professionnels.ofb.fr/node/322 , rubrique Quelles activités sont émettrices de substances DCE?	RSDE (métaux, les pesticides, les HAP, les COHV, les chlorobenzènes, les alkylphénols, les organoétains, BTEX...)	X											
Convention Ineris-Onema	[27] Guide pour l'inventaire des émissions, rejets et pertes de micropolluants vers les eaux de surface https://professionnels.ofb.fr/node/322 , rubrique Flux rejetés et pressions de pollution sur les milieux	Substances de l'état DCE (métaux, les pesticides, les HAP, les COHV, les chlorobenzènes, les alkylphénols, les organoétains, BTEX...)	X	X	X			X		X	X		X	
Coopération AESN-Ineris	[28] Guide pratique des micropolluants dans les eaux du bassin Seine-Normandie	Métaux, Pharmaceutiques Pesticides, BTEX Biocides conservateurs Organostanniques HAP, PBDE et retardateurs de flamme bromés Perfluorés, Alkylphénols Plastifiants, Chloroalcanes Organiques industriels	X										X	
Thèse de R.Mailler	[29] Devenir des micropolluants prioritaires et émergents dans les filières conventionnelles de traitement des eaux résiduaires urbaines des grosses collectivités (files eau et boues), et au cours du traitement tertiaire par charbon actif https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01226483/	Phénols, BTEX, Chloroalcanes COHV, HAP, Métaux Organostanniques PCB, Plastifiants Pesticides, Alkylphénols PBDE, Biocides et conservateurs Pharmaceutiques, Hormones					X	X	X					X
Thèse de C.Pajens	[30] Pajens C, Bressy A, Frère B, Moilleron R. Biocide emissions from building materials during wet weather: identification of substances, mechanism of release and transfer to the aquatic environment. Environ Sci Pollut Res Int. 2020 Feb;27(4):3768-3791. https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-019-06608-7	Biocides	X				X	X		X	X		X	

Annexe 3. Micropolluants à enjeux identifiés dans le cadre du dispositif micropolluants des eaux urbaines

Familles	Molécules hors RSDE	Usages émissifs	Types d'impacts potentiels (biodiversité et aquaculture, ressources souterraines, ABR, chaîne alimentaire, transfert vers les boues)	Projets	Vecteurs hydriques (STEU si hors RSDE, surverse et eaux usées non traitées [EUNT], eaux pluviales strictes [EP])	Limites de quantification obtenues au travers des divers projets (ng/L, phase dissoute, eaux usées ou pluviales)	Concentration prédite sans effet (PNEC, ng/L)	
Pharmaceutiques	Carbamazépine	Antiépileptiques	Biodiversité et aquaculture, Ressources souterraines,	Regard	STEU	5-50	50	
	Sotalol	Antiarythmique	Biodiversité et aquaculture	Regard, Rempar, Seneur	STEU	5-50	6 520	
	Aténolol	Bétabloquant	Biodiversité et aquaculture	Rempar	STEU	5-50	150 000	
	Oxazépam	Antidépresseur, et métabolite de la diazépine et de la nordiazépine	Biodiversité et aquaculture	Regard, Seneur	STEU	5-50	370	
	Gabapentine	Antiépileptique	Biodiversité et aquaculture	Regard, Rempar	STEU	5-50	10 000	
	Acide fénofibrique	Hypolipémiant	Biodiversité et aquaculture	Regard, Rempar	STEU	5-100	140 (a)	
	Bézafibrate	Hypolipémiant	Biodiversité et aquaculture	Rempar	STEU	5-100	2 300	
	Diclofénac	Analgésique	Biodiversité et aquaculture	Regard	STEU	5-50	50	
	Cétirizine	Antihistaminique antiallergique	Biodiversité et aquaculture	Rempar, Seneur	STEU	5-50	21 580 (b)	
	Disopyramide	Antiarythmique	Biodiversité et aquaculture	Rempar	STEU	5-100	270	
	Caféine	Stimulant	Traceur de rejets anthropiques	Regard, Rempar, Seneur	Surverse, EUNT	5-50	87 000 (c)	
	théophylline	Stimulant	Traceur de rejets anthropiques	Regard, Rempar, Seneur	Surverse, EUNT	5-50	14 800	
	Paracétamol	Analgésique	Biodiversité et aquaculture, Ressources souterraines,	Regard, Rempar, Seneur	Surverse, EUNT	5-50	134 000	
	Acide salicylique	Analgésique	Biodiversité et aquaculture	Rempar, Seneur	Surverse, EUNT	5-50	18 000	
	Hydroxylbuprofène	Antiinflammatoire	Biodiversité et aquaculture	Rempar	STEU, Surverse EUNT	5-50	7 880	
	Kétoprofène	Antiinflammatoire	Biodiversité et aquaculture, Ressources souterraines,	Rempar, Seneur	STEU, Surverse EUNT	5-50	2 100	
	Naproxène	Antiinflammatoire	Biodiversité et aquaculture	Seneur	STEU, Surverse EUNT	5-100	1 700	
	Hydrochlorothiazide	Antihypertenseur	Biodiversité et aquaculture	MicroReuse	STEU, Surverse EUNT		8 380	
	Spiramycine	Antibiotiques	Biodiversité et aquaculture, Ressources souterraines, ABR, transfert vers les boues (notamment ofloxacine)				inconnue	
	Ofloxacine						inconnue	
	Ciprofloxacine							89
Sulfaméthoxazole					Rempar	STEU		600
Norfloxacine								780
Clarithromycine						120		
Hormones	Oestrone	Déjections humaines	Biodiversité et aquaculture	Rempar	Surverse, EUNT	2-9	3,6	
	Oestriol		Biodiversité et aquaculture	Rempar	Surverse, EUNT	2-9	60	
Drogues ou substituts	Métabolite du cannabis, THC-COOH	Stupéfiant	Biodiversité et aquaculture, Transfert vers les boues	Seneur	Surverse, EUNT	1	29 (d)	
	Benzoylcgonine (métabolite de la cocaïne)	Stupéfiant	Biodiversité et aquaculture	Seneur	Surverse, EUNT	7	4 900 (e)	
	Méthadone et son métabolite EDDP	Substitut de l'héroïne, antidouleur	Transfert vers les boues	Seneur	Surverse, EUNT	0,5	840 (pour méthadone, inconnue pour EDDP)	
Filtres UV	Oxybenzone-Benzophénones	Crèmes solaires, Carrosserie (peintures et plastiques), encres et vernis UV d'imprimerie	Biodiversité et aquaculture	Regard, Rempar, Roulepur	STEU, Surverse, EUNT	1-30	5 400	

Familles	Molécules hors RSDE	Usages émissifs	Types d'impacts potentiels (biodiversité et aquaculture, ressources souterraines, ABR, chaîne alimentaire, transfert vers les boues)	Projets	Vecteurs hydriques (STEU si hors RSDE, surverse et eaux usées non traitées [EUNT], eaux pluviales strictes [EP])	Limites de quantification obtenues au travers des divers projets (ng/L, phase dissoute, eaux usées ou pluviales)	Concentration prédite sans effet (PNEC, ng/L)
Pesticides	Fipronil	Insecticides	Biodiversité et aquaculture	Regard, Rempar	STEU, Surverse EUNT	0,5-1	0,77
	Imidaclopride	Insecticides	Biodiversité et aquaculture	Regard, Rempar	EP	1-15	9
	Glyphosate	Herbicides	Biodiversité et aquaculture, Ressources souterraines	Regard, Rempar	EP, Surverse EUNT	10-40	28 000
	métolachlore OXA	Herbicide	Biodiversité et aquaculture, Ressources souterraines	Rempar	EU	1-15	8 273 (f)
	AMPA	Herbicides, Lessives	Biodiversité et aquaculture, Ressources souterraines	Regard, Rempar	EP, Surverse EUNT	10-40	79 700
	Terbutryne	Biocides	Biodiversité et aquaculture	Regard	EP, Surverse EUNT	1-15	65
	Diuron	Biocides	Biodiversité et aquaculture	Regard	EP	1-15	70
	Propiconazole	Fongicide	Biodiversité et aquaculture	Regard, Rempar	EP, EU	1-15	1 000
	Tébuconazole	Fongicide	Biodiversité et aquaculture	Rempar	EP		240
Biocides/ Antimicrobiens	Triclosan	Détergents, cosmétiques, textiles, pesticides, shampoings, produits vaisselles...	Biodiversité et aquaculture	Rempar	Surverse, EUNT	3	20
	Parabènes	Cosmétiques, médicaments, lessives, plastiques...	Biodiversité et aquaculture	Rempar, Cosmeteau	Surverse, EUNT	2-15	5 000
	ABDAC (chlorure de benzalkonium)	Désinfectant des surfaces et matériaux	Biodiversité et aquaculture, ABR	Biotech	Surverse, EUNT	10	49
	DIDAC (Chlorure de didecylméthylammonium)	Désinfectant médical	Biodiversité et aquaculture, ABR	Biotech	Surverse, EUNT	10	6
	BDDAC (Chlorure de benzyldodécylammonium, tensioactif cationique)	Désinfectant en hygiène humaine, hygiène animale. Traitement des toitures, dalles... Désinfection des surfaces en contact avec les denrées alimentaires	Biodiversité et aquaculture, ABR	Rilact	Surverse, EUNT	0,2	40
	BDTAC (chlorure de benzyldiméthyltetradecyl ammonium, tensioactif cationique)	Dans les liquides utilisés dans les systèmes de refroidissement et de fabrication, produit anti-biofilm, taxidermie agent tensio-actif cationique.	Biodiversité et aquaculture, ABR	Rilact	Surverse, EUNT	0,2	43
	Stepanquat GA 90 (C16 Triéthanolamine esterquat, tensioactif cationique)	Agent tensio-actif cationique	Biodiversité et aquaculture	Rilact	STEU, Surverse EUNT	1,7	1 000 (g)
	Incromine SD (N-[3-(diméthylamino)propyl]octadécanamide, tensioactif cationique)	Agent tensio-actif cationique	Biodiversité et aquaculture	Rilact	Surverse, EUNT	0,1	27
	Alcool benzylique	Conservateur pour produits pharmaceutiques, phytosanitaires et cosmétiques ; solvants pour la chimie de synthèse	Biodiversité et aquaculture	Biotech	Surverse, EUNT	10	10 000

Familles	Molécules hors RSDE	Usages émissifs	Types d'impacts potentiels (biodiversité et aquaculture, ressources souterraines, ABR, chaîne alimentaire, transfert vers les boues)	Projets	Vecteurs hydriques (STEU si hors RSDE, surverse et eaux usées non traitées [EUNT], eaux pluviales strictes [EP])	Limites de quantification obtenues au travers des divers projets (ng/L, phase dissoute, eaux usées ou pluviales)	Concentration prédite sans effet (PNEC, ng/L)
Agents tensio-actifs	LAS C10-C13 (Acides benzène sulfonique, tensioactifs anioniques)	Agent tensio-actif anionique - produits de lavage et de nettoyage, cosmétiques et produits de soins personnels, adhésifs et mastics, produits de traitement textile et teintures et produits de traitement du cuir	Biodiversité et aquaculture	Rilact	STEU, Surverse EUNT	0,7	85 (g)
	Texapon N 701 S (Laureth sulfate de sodium, Agent tensio-actif anionique)	Agent tensio-actif anionique : produits vaisselle, agent de nettoyage, détergent, shampoings, gels, bains moussant	Biodiversité et aquaculture	Rilact	Surverse, EUNT	0,7	1 000 (g)
	SDS (sodium dodecyl sulfate ou Lauryl sulfate, tensioactif anionique)	Agent tensio-actif anionique	Biodiversité et aquaculture	Rilact	Surverse, EUNT	0,7	5 890
	sodium 2-ethylhexyl sulfate (tensioactif anionique)	Tensioactif anionique industriel	Biodiversité et aquaculture	Rilact	Surverse, EUNT	0,7	11 000 (g)
substances perfluoroalkylées (PFAS)	6:2 FTSA	Électronique ; textiles, y compris vêtements imperméables ; mousse anti-incendie ; les tapis ; cirage des sols ; équipement de laboratoire ; traitement du cuir ; emballages alimentaires ; cosmétiques, y compris lotion et fond de teint pour le corps, anti-cernes, fard à paupières, poudre	Biodiversité et aquaculture, Chaîne alimentaire	Regard	EU, EP	0,01-2	620
	PFPeA		Biodiversité et aquaculture, Chaîne alimentaire	Regard	EP, Surverse EUNT	0,01-2	3 910
	PFHxA		Biodiversité et aquaculture, Chaîne alimentaire	Regard	EP, Surverse EUNT	0,01-2	140 000
	PFOA		Biodiversité et aquaculture, Chaîne alimentaire	Regard, Roulepur	EP, Surverse EUNT	0,01-2	180
	PFDA		Biodiversité et aquaculture, Chaîne alimentaire	Regard, Roulepur	EP	0,01-2	170
	PFOS		Biodiversité et aquaculture, Chaîne alimentaire	Regard, Roulepur	EP, Surverse EUNT	0,01-2	0,65
	PFHxS		Biodiversité et aquaculture, Chaîne alimentaire	Regard	EP	0,01-2	870
Plastifiants	DEHP	Additifs plastique, peintures, encres, laques, vernis, colles, adhésifs, céramiques à application électrique, fluides diélectriques, papier	Biodiversité et aquaculture	Regard, Roulepur	EP	15-130	1 300
	Dibutyl phtalate (DBP)	Caoutchouc, PVC,	Biodiversité et aquaculture	Roulepur	EP	130	2 300
	BPA	Plastiques en polycarbonates, résines époxy, PVC, vernis et peintures, fluides de freinage, pneus	Biodiversité et aquaculture	Roulepur	EP	5-20	240
Retardateurs de flamme	PBDE	Matériaux de construction, pièces automobiles, plastiques ou matériel électronique	Biodiversité et aquaculture, Chaîne alimentaire	Roulepur Regard	EP	1-50	non applicable dans l'eau
	HBCDD	Mousses d'isolation thermique et textiles	Biodiversité et aquaculture, Chaîne alimentaire		EP	2-4	non applicable dans l'eau
COV/BTEX	Toluène	Transports, solvants,	Biodiversité et aquaculture	Regard	EP	1-50	17 300
Alkylphénols	Nonylphénol NP	Bois, émulsifiants, carburants, synthèse et fabrication de multiples produits et matériaux...	Biodiversité et aquaculture	Regard, Roulepur	EP	2-30	300
	Alkylphénols éthoxylés NPnEO, OPnEO	Lubrifiants, détergents, agents antistatiques, peintures, certains bétons ou matériaux de construction, ou encore dans l'asphalte et certaines pièces automobile,	Biodiversité et aquaculture	Roulepur	EP	5-60	640 (2-[4-Nonylphenoxy] ethanol)

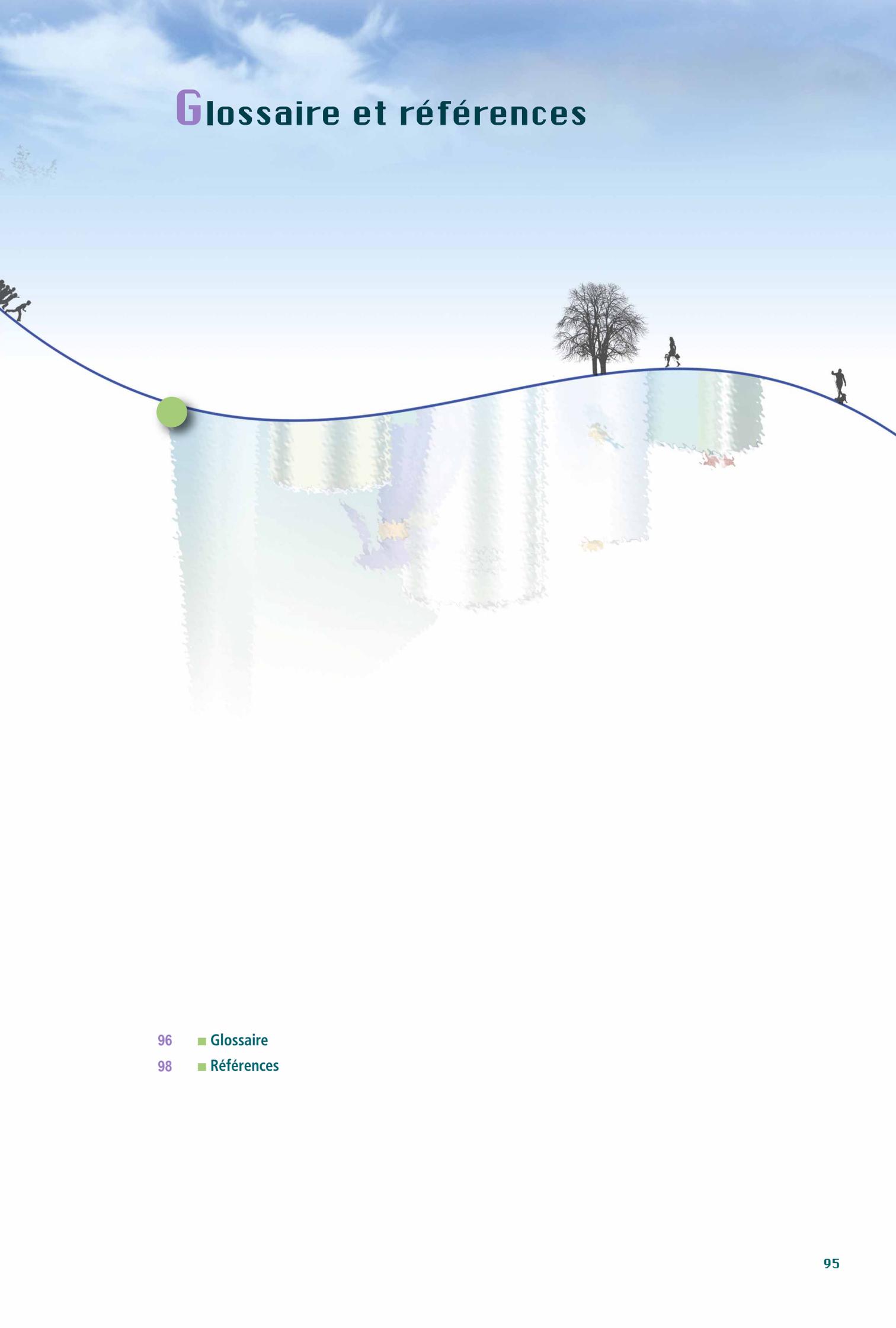
Familles	Molécules hors RSDE	Usages émissifs	Types d'impacts potentiels (biodiversité et aquaculture, ressources souterraines, ABR, chaîne alimentaire, transfert vers les boues)	Projets	Vecteurs hydriques (STEU si hors RSDE, surverse et eaux usées non traitées [EUNT], eaux pluviales strictes [EP])	Limites de quantification obtenues au travers des divers projets (ng/L, phase dissoute, eaux usées ou pluviales)	Concentration prédite sans effet (PNEC, ng/L)
HAP	anthracène	Incinération, chauffage, combustion de carburant, fuites d'huiles de moteur, perte d'essence, gaz d'échappement, sous-produits de combustion	Biodiversité et aquaculture	Regard	EP	0,5-5	100
	benzo[a]anthracène		Biodiversité et aquaculture	Regard	EP	0,5-5	12
	benzo[a]pyrène		Biodiversité et aquaculture	Regard	EP	0,5-5	0,17
	benzo[b+j+k]fluoranthène		Biodiversité et aquaculture	Regard, Roulepur	EP	0,5-5	17
	benzo[g,h,i]pérylène		Biodiversité et aquaculture	Regard	EP	0,5-5	8,2
	phénanthrène		Biodiversité et aquaculture	Regard	EP	0,5-5	500
	pyrène		Biodiversité et aquaculture	Regard	EP	0,5-5	4,6
	indéno[1,2,3-cd]pyrène		Biodiversité et aquaculture	Regard	EP	0,5-5	270
	chrysène + triphénylène		Biodiversité et aquaculture	Regard	EP	0,5-5	2,9
	fluoranthène		Idem+ traitement du bois	Biodiversité et aquaculture	Regard, Roulepur	EP	0,5-5
	naphtalène	Idem +colorants fluorescents, traitement du bois	Biodiversité et aquaculture	Regard	EP	0,5-5	2 000
Métaux	Ag	Monnaie, électrique et électronique, bijouterie, alliage, photographie (en déclin). Le nano-argent s : biocide, textile, électronique et électroménager, emballages alimentaires et traitement de l'eau.	Biodiversité et aquaculture	Regard	EU, EP	1	17
	Sn	Électronique, fer blanc et étamage, matériel électrique..	Biodiversité et aquaculture	Regard	EU	10	2 000
	Sb	Plastiques, textiles, peintures, alliages métalliques, scories	Biodiversité et aquaculture	Regard, Roulepur	EU, EP	5	113 000
	Mo	Pigments, métallurgie, lubrifiants, industrie métrolière	Biodiversité et aquaculture	Regard, Rempar	EU	5	67 000
	Gd	Produits de contraste imagerie médicale	Traçeur de rejets hospitaliers	Regard	EU		Inconnue
	Zn	Toiture, transports	Biodiversité et aquaculture	Regard, Lumieau, Roulepur	EP	200	7 800 (h)
	Cu	Métallurgie, matériels électrique, électronique, peintures, pigments et poudres, insecticides...	Biodiversité et aquaculture	Regard, Roulepur	EP	30	1 000 (h)
	Pb	Accumulateurs , peintures , anciens systèmes de canalisations et PVC	Biodiversité et aquaculture	Regard, Lumieau, Roulepur	EP	20	1 200 (h)
	Cd	Gaz d'échappement, usure des pneus , lavage de voitures , accumulateurs	Biodiversité et aquaculture	Regard	EP	2	80-250 (h)

À l'exception des valeurs associées à une lettre (voir ci-dessous), toutes les valeurs de PNEC ci-dessus ont été extraites en septembre 2021 de la base de données Ecotoxicology Database du réseau Norman (<https://www.norman-network.com/nds/ecotox/lowestPnecIndex.php>). À défaut, les valeurs ont été extraites des références ci-dessous:
(a): d'après Garric, J. *et al.* 2006. Environnement Risques et Santé 5, pp 290-295.
(b): d'après Minguez, L. *et al.* Environmental Science and Pollution Research volume 23, pages 4992–5001 (2016)
(c): d'après le Portail substances de l'Ineris

(d): d'après Zuo Tong How *et al.* Environ Pollut. 2021 Jan 1 268: 115642
(e): d'après van der Aa, M. *et al.* Water Research Volume 47, Issue 5, April 2013
(f): d'après Dulio, V. *et al.* Ineris - 203227 - 2519521. Synthèse des travaux du Comité national d'Experts pour la Priorisation (CEP) des substances chimiques à surveiller dans les milieux aquatiques pour le 3^e cycle de gestion des eaux
(g): d'après Assoumani, A. *et al.* Ineris - 172894 - 2169068. Campagne Emergents Nationaux 2018 (2020)
(h): Norme de qualité environnementale DCE (dépendante de la dureté de l'eau pour le cadmium).

Projets	Documents et modalités d'accès	Type de bioessais	Effets testés	Eaux domestiques et artisans	Eaux industrielles	Effluents d'hôpitaux et autres établissements collectifs	Mélanges d'eaux usées et émissaires en amont du réseau et eaux d'entrée de STEU	Eaux de sortie de STEU	Déversoirs d'orage	Eaux pluviales (ruissellement, réseau séparatif et collecteurs)	Ouvrages amont de gestion du pluvial	Informations sur l'abattement des polluants (STEU, ouvrages)		
Regard	[Regard, 13] Détection de composés perturbateurs endocriniens et dioxin-like à l'aide de bioessais <i>in vitro</i> dans les eaux usées, pluviales et naturelles	<i>In vitro</i>	Perturbation endocrinienne	x	x	x	x	x		x				
		<i>In vitro</i>	Effets type Dioxines											
Lumieau-Stra	[Lumieau-Stra, 15] Liv. 3.4b. Les techniques alternatives pour la gestion des eaux pluviales : Étude de cas du bassin versant au milieu récepteur - synthèse	<i>In vitro</i>	Toxicité générale								x	x		
		<i>In vitro</i>	Génotoxicité											
		<i>In vitro</i>	Perturbation endocrinienne											
Cosmeteau	[Cosmet'eau, 1] Livrable 4.2 : Estimation des sources, des flux et des impacts des conservateurs de produits cosmétiques dans le milieu récepteur	<i>In vitro</i>	Toxicité générale											
			Génotoxicité	x		x	x	x						
			Perturbation endocrinienne											
		<i>In vitro</i> Poissons zèbres	Comportement Physiologie	x										
Rilact	[Rilact, 4] Évaluation de la dynamique de l'écotoxicité, de l'antibiorésistance, des effets perturbateurs endocriniens, et de la génotoxicité des effluents au cours de leur transport dans les réseaux d'assainissement	<i>In vitro</i>	Génotoxicité											
			Perturbation endocrinienne											
Rempar	[Rempar, 5] Évaluation, sur organismes aquatiques et lignées cellulaires, de l'écotoxicité des effluents du Pôle de Santé d'Arcachon et intérêt d'un pilote par bioréacteur à membrane couplé au charbon actif pour le traitement des rejets.	<i>In vivo</i> Daphnies - Ostracodes - Rotifères - microalgues	Mobilité - croissance - reproduction	x		x								
			<i>In vitro</i>	Perturbation endocrinienne										
			<i>In vitro</i>	Effets types Dioxines										
			<i>In vitro</i>	Effets types HAP										x
			<i>In vivo</i> Bivalves	Expression des gènes de stress										
Micropolis	[Micropolis, 1] Application d'outils biologiques pour la recherche et la caractérisation des effets des micropolluants des eaux usées De la collecte des eaux usées...au milieu récepteur	<i>In vitro</i>	Perturbation endocrinienne											
			<i>In vitro</i>	Effets type Dioxines	x	x								
			<i>In vitro</i>	Génotoxicité										
			<i>In vitro</i>	Cytotoxicité										
			<i>In vivo</i> Daphnies	Mobilité										

Glossaire et références



- 96 ■ Glossaire
- 98 ■ Références

Glossaire

ABR : antibiorésistance

AERM : Agence de l'eau Rhin-Meuse.

AMPA : abréviation pour désigner l'acide aminométhylphosphonique, produit de dégradation du glyphosate, ainsi que de certains composants présents dans les produits lessiviels.

APE : le code APE (activité principale exercée) permet d'identifier la branche d'activité principale de l'entreprise ou du travailleur indépendant.

Anses : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail.

Aquaref : laboratoire de référence pour la surveillance des milieux aquatiques (www.aquaref.fr).

Astee : Association française des professionnels de l'eau et des déchets (www.astee.org).

Biocide : tout produit destiné à détruire, repousser ou rendre inoffensifs les organismes nuisibles, à en prévenir l'action ou à les combattre, par une action chimique ou biologique.

Bioessai : les bioessais sont des méthodes d'analyse qui mettent en œuvre des cellules, des organismes ou des communautés pour mesurer leurs réactions aux polluants présents dans l'environnement.

Biosurveillance : la biosurveillance est la mesure des niveaux de concentration dans l'organisme (ou imprégnation) des substances chimiques présentes dans l'environnement ou de leurs métabolites.

CLP : règlement européen relatif à la classification, à l'étiquetage et à l'emballage. (CE) n° 1272/2008.

CMR : abréviation pour « cancérigène, mutagène, reprotoxique ».

Cnidep : Centre national d'innovation pour le développement durable et l'environnement dans les petites entreprises.

DL : Dioxin-Like. Les outils biologiques de détection DL permettent de révéler les effets de molécules causant des impacts similaires à ceux des dioxines, typiquement des polychlobiphényles, autrement appelés PCB.

DO : déversoir d'orage

Écotoxicité : toxicité des composés chimiques vis-à-vis des organismes non humains.

EDA : abréviation pour *Effect directed analysis*, ou analyse dirigée par les effets. L'EDA vise à identifier les composés responsables d'effets biologiques dans des mélanges complexes par le biais de bioessais et d'analyses chimiques enchaînés séquentiellement.

EH : abréviation pour équivalent habitants. Unité de dimensionnement d'une STEU compte tenu de la population desservie par celle-ci.

EP : abréviation pour eaux pluviales.

EU : abréviation pour eaux usées.

EMNAT : désignation de la campagne de surveillance prospective émergents nationaux réalisée en 2018 sur les résidus de biocides et de détergents.

Graie : Groupe de recherche, animation technique et information sur l'eau.

HAP : abréviation pour hydrocarbure aromatique polycyclique

Hydrophile : se dit des molécules ayant une propension à se présenter majoritairement sous forme dissoute dans l'eau.

Hydrophobe : se dit des molécules qui ne peuvent pas interagir fortement au niveau moléculaire avec l'eau. Les produits hydrophobes sont souvent lipophiles (solubles dans les corps gras), mais insolubles dans l'eau.

ICPE : abréviation pour installation classée pour l'environnement (le plus souvent des sites industriels).

MdEU : abréviation pour désigner dans le présent recueil le dispositif constitué des 13 projets lauréats de l'appel à projets Innovation et changements de pratiques : micropolluants des eaux urbaines.

Métabolite : un métabolite est un composé organique issu de la transformation d'un composé parent par un mécanisme métabolique, une dégradation biologique.

NAF : nomenclature des activités françaises. Ce code de l'Insee permet d'identifier la branche d'activité principale de l'entreprise ou du travailleur indépendant (équivalent du code APE).

PBT : abréviation pour identifier les molécules présentant à la fois des propriétés de forte persistance dans l'environnement, de bioaccumulation, et présentant une forte toxicité.

PE ou Perturbateur endocrinien : molécule ayant des propriétés mimétiques des hormones, provoquant des anomalies physiologiques, et notamment reproductives.

PNSE 4 : 4^e Plan national santé environnement (2020).

Pollutogramme : courbe d'évolution de la quantité de polluants transportée en fonction du temps.

Produits de transformation : composés chimiques générés par dégradation d'un composé parent par des processus biotiques (métabolite) ou abiotiques.

SPAS : abréviation pour les substances pertinentes à surveiller identifiées comme telles dans l'arrêté réglementant la surveillance DCE en France (une centaine de paramètres chimiques sont concernés).

STEU : abréviation pour station de traitement des eaux usées.

REACH : règlement européen (n°1907/2006) régissant l'enregistrement et l'évaluation des produits chimiques mis sur le marché.

RSDE : abréviation pour le dispositif réglementaire français de recherche et réduction des substances dangereuses pour l'environnement dans les rejets des ICPE et des STEU.

SDAGE : abréviation pour désigner les schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux édictés tous

Références

Dispositif MdEU

L'ensemble des références ci-dessous citées sont téléchargeables sur le portail professionnel de l'OFB : <https://professionnels.ofb.fr/fr/node/15>

[**Biotech, 1**] : Marie Deborde, Cyril Printemps-Vacquier, Thomas Nicolas-Herman, Florence Lasek. « Biocides, Occurrence, Traitement et Effluents Hospitaliers » PHASE 1 : Identification des principaux émetteurs de biocides dans le système de collecte et évaluation de la contribution du CHU à l'échelle de l'Agglomération. 2016

[**Cosmet'eau, 1**] : Bressy A., Bonnaud B., Caupos E., *et al.* (2019). Estimation des sources, des flux et des impacts des conservateurs de produits cosmétiques dans le milieu récepteur. Livrable 4.2 du projet Cosmet'eau, 82 p.

[**Cosmet'eau, 2**] : R. Moilleron, A. Bergé, S. Deshayes, *et al.* ; Importance des émissions d'origine domestique dans les réseaux d'assainissement urbains: cas des alkylphénols, phtalates et parabènes dans l'agglomération parisienne. Techniques Sciences Méthodes, ASTEE/EDP Sciences, 2019, pp.75-88. 10.1051/tsm/201905075. hal-02140030

[**Lumieau-Stra, 1**] : M. Pomiès ; Synthèse de l'évaluation des solutions de type démonstrateur. Livrable 4.1.a du projet Lumieau-Stra. 2019

[**Lumieau-Stra, 2**] : J. Boisson, P. Boucard, F. Cuny, *et al.* ; Réduire les micropolluants : passer du diagnostic au plan d'action – application de la démarche à l'Eurométropole de Strasbourg. Livrable 4.3.a du projet Lumieau-Stra. 2020

[**Lumieau-Stra, 3**] : J. Savignac, J. Boisson, F. Cuny, *et al.* ; Logiciel d'aide à l'élaboration et à la mise à jour d'un plan hiérarchisé d'intervention. Livrable 4.2a externe du Projet Lumieau-Stra. 2019

[**Lumieau-Stra, 4**] : M. Pomiès ; Proposition d'un plan d'actions et de surveillance : réduire à la source les rejets en micropolluants dans les eaux usées sur le territoire de l'Eurométropole de Strasbourg. Livrable 4.3.b. du projet Lumieau-Stra, 2020.

[**Lumieau-Stra, 5**] : J. Boisson, F. Cuny, J. Savignac *et al.* ; Diagnostic territorial pour la priorisation des actions de réduction des rejets en micropolluants : éléments méthodologiques. Livrable 1.5.a du Projet Lumieau-Stra ; 2019

[**Lumieau-Stra, 6**] : J. Boisson, P. Boucard, F. Cuny, *et al.* ; Rapport de présentation des résultats de l'inventaire des émissions de micropolluants adapté au territoire de l'Eurométropole de Strasbourg. Livrable 1.1.b du projet Lumieau-Stra. 2020.

[**Lumieau-Stra, 7**] : Laura Gaillard, Anne-Lise Herold ; Réduction des rejets en micropolluants dans les entreprises de l'artisanat : étude du métier de la coiffure. 2018

[**Lumieau-Stra, 8**] : Laura Gaillard, Anne-Lise Herold ; Réduction des rejets en micropolluants dans les entreprises de l'artisanat : étude du métier de mécanique automobile. 2018

[**Lumieau-Stra, 9**] : Laura Gaillard, Anne-Lise Herold ; Réduction des rejets en micropolluants dans les entreprises de l'artisanat : étude du métier de menuisier en bâtiment. 2018

[**Lumieau-Stra, 10**] : Laura Gaillard, Anne-Lise Herold ; Réduction des rejets en micropolluants dans les entreprises de l'artisanat : étude du métier de peintre en bâtiment. 2018

[**Lumieau-Stra, 11**] : J.Boisson, F.Cuny, J. Savignac ; Logiciel d'aide à la hiérarchisation des cibles d'action pour la réduction des rejets en micropolluants sur le territoire de l'Eurométropole de Strasbourg : notice d'accompagnement simplifiée. Livrable 1.3b externe du Projet Lumieau-Stra. 2020.

[**Lumieau-Stra, 12**] : Bénédicte Lepot, Sylvie Ngo, Julie Savignac, Maxime Pomiès ; Méthodologie de campagnes de mesures pour la recherche efficiente de micropolluants sur un réseau d'assainissement. Livrable 1.4.a du projet Lumieau-Stra. 2019.

[Lumieau-Stra, 13] : Sylvie Ngo ; Bénédicte Lepot ; Protocole d'utilisation du CFIS (Continuous flow integrative sampler) pour la recherche de micropolluants en réseau d'assainissement. Livrable 1.4.f du projet Lumieau-Stra. 2018.

[Lumieau-Stra, 14] : Sylvie Ngo ; Bénédicte Lepot ; Azziz Assoumani ; Apports des échantillonneurs intégratifs innovants pour la recherche de micropolluants en réseau d'assainissement. Livrable 1.4.e du projet Lumieau-Stra. 2019.

[Lumieau-Stra, 15] : Miléna Walaszek, Carine Heitz, Marjorie Pierrette, *et al.* ; Les techniques alternatives pour la gestion des eaux pluviales : Étude de cas du bassin versant au milieu récepteur – Synthèse. Livrable 3.4b du projet Lumieau-Stra . 2019.

[Lumieau-Stra, 16] : A. Marconi ; Développement d'un outil biologique simplifié pour caractériser la toxicité d'eaux usées : l'InSiKit. Livrable 1.4.d du projet Lumieau-Stra. 2019.

[Lumieau-Stra, 17] : Application de l'outil logiciel développé dans le projet Lumieau-Stra pour déterminer des zones de prélèvement dans le réseau d'assainissement - Comparaison des résultats modélisés avec des mesures et ajustements de l'outil. Livrable 1.4.b du projet Lumieau-Stra. 2020.

[Micromégas, 1] : Robin Garnier, Céline Becouze-Lareure ; Livrable 2-A. Source des micropolluants suivis. Définition des protocoles d'expérimentations (synthèse).

[Micropolis, 1] : Ywann PENRU ; Synthèse & Recommandations. Application d'outils biologiques pour la recherche et la caractérisation des effets des micropolluants des eaux usées. Livrable N°04 – Projet Micropolis Indicateurs 2018.

[Micropolis, 2] : Caroline Gardia-Parège, Selim Aït-Aïssa, Jérôme Couteau, Hélène Budzinski ; Recherche de l'identité des contaminants actifs dans les échantillons par l'analyse dirigée par l'effet. Livrable N°03 – Projet Micropolis Indicateurs. 2018.

[Micro-Reuse, 1] : Aunay B., Bravin M.N., Lopez B., Togola A. ; Réduction et phytodisponibilité des micropolluants en sortie d'une STEU de La Réunion pour l'optimisation de la réutilisation agricole des eaux usées traitées. 2020.

[Regard, 1] : J. Barrault, L. Dumas. Tache 1.2 Description des sources et inventaire des leviers d'action. Enjeux globaux. 2019

[Regard, 2] : R. Pico, M. Puybonnieux, M-J. Capdeville, E. Oppeneau. Tache 2.2 Sélection des actions de réduction pertinentes à mettre en œuvre. Livrable 221: Fiches-action synthétiques. 2018

[Regard, 3] : Synthèse opérationnelle présentant le bilan du diagnostic territorial mené sur le territoire de Bordeaux Métropole. Caractérisation des substances et des impacts. Priorisation des risques à l'échelle du territoire. 2018

[Regard, 4] : M.J. Capdeville ; Livrable n°44: Synthèse finale, retour d'expérience sur les différentes solutions de réduction et stratégies à adopter. 2019

[Regard, 5] : M.J. Capdeville ; Tâche 2.1 Caractérisation et hiérarchisation des risques. Livrable n°214 : Méthodologie reproductible de diagnostic pour une stratégie de réduction équilibrée à l'échelle d'un autre territoire urbain. 2019.

[Regard, 6] : B. Barillon, J. Alferes ; Tâche 1.2 description des sources et inventaire des leviers d'action. Étude de la source Industrielle. 2019.

[Regard, 7] : S. Buil, S.Philippe, N. Pouly ; Tâche 1.2 description des sources et inventaire des leviers d'action. Étude de la source Collectivités. 2019.

[Regard, 8] : Fabrizio Botta, Lauriane Gréaud, Marion-Justine Capdeville ; Hiérarchisation des risques, priorisation des substances et sélection des substances sentinelles à suivre dans les différents compartiments. 2018

[Regard, 9] : MJ. Capdeville, D. Granger, C. Chauvin, *et al.* ; Livrable n°1.1: Description des sites d'étude et des protocoles d'expérimentation, 2018.

[Regard, 10] : C. Gardia-Parège, V. Dufour, C. Chollet, *et al.* ; Livrable n°1.3.4: Développement de nouveaux outils d'échantillonnage passif, de diagnostic basé sur les effets biologiques, d'extraction automatisée et d'analyses non ciblée. 2019.

[Regard, 11] : C. Chollet, J. Cruz, V. Dufour, *et al.* ; Livrable n°1.3.2. Mapping des substances organiques, flux et sources à l'échelle de la métropole de Bordeaux et listes des substances traceurs de sources. 2018.

[Regard, 12] : A. Coynel, A. Lerat, M.J. Capdeville, *et al.* ; Livrable n°1.3.3. Mapping des substances inorganiques, flux et source à l'échelle de la métropole de Bordeaux. 2018.

[Regard, 13] : S. Aït-Aïssa, E. Maillot-Maréchal, N. Creusot, *et al.* ; Détection de composés perturbateurs endocriniens et dioxin-like à l'aide de bioessais in vitro dans les eaux usées, pluviales et naturelles. 2017.

[Rempar, 1] : Cazals C., Lyser S., Valadaud R. 2019. Livrable 4.3. Micropolluants : des pratiques des professionnels de santé aux leviers d'action possibles : une étude appliquée au Bassin d'Arcachon.

[Rempar, 2] : Jean-Philippe Besse, Sabine Jeandenand, Laura Mouret, *et al.* ; Livrable 2.3. Les effluents du Pôle de Santé d'Arcachon : profil en médicaments, tensioactifs et biocides – Comparaison avec les effluents urbains. 2019

[Rempar, 3] : Besse J.P., Mouret L., Tapie N. *et al.* ; Livrable 1.2. Présence et devenir de micropolluants d'intérêt dans le réseau d'assainissement du Bassin d'Arcachon. 2019

[Rempar, 4] : Besse J.P., Benyahia M., Mouret L, *et al.* ; Livrable 2.1. - Caractérisation des eaux pluviales sur le Bassin d'Arcachon - typologie, flux de micropolluants, évaluation de l'efficacité d'une solution de traitement. 2019.

[Rempar, 5] : Patrice Gonzalez, Caroline Gardia-Parège, Maximilien Delafoulhouse, *et al.* ; Évaluation, sur organismes aquatiques et lignées cellulaires, de l'écotoxicité des effluents du Pôle de Santé d'Arcachon et intérêt d'un pilote par bioréacteur à membrane couplé au charbon actif pour le traitement des rejets. 2018.

[Rilact, 1] : Anne-Claire Maurice, Cyrille Harpet, «Les résidus de médicaments dans les eaux» : un nouveau risque en environnement – santé ? Étude bibliographique et enquête en laboratoire de chimie analytique. 2016.

[Rilact, 2] : Laure Wiest ; Évaluation de la contamination des rejets urbains et des établissements de soins par les détergents et biocides. 2017.

[Rilact, 3] : Christel Sebastian ; Résidus de médicaments, métabolites et produits de dégradation : synthèse des résultats des campagnes de mesures au pas de temps horaire en entrée de station d'épuration. 2016.

[Rilact, 4] : Christophe Dagot, Marine Laquaz, *et al.* ; Évaluation de la dynamique de l'écotoxicité, de l'antibiorésistance, des effets perturbateurs endocriniens, et de la génotoxicité des effluents au cours de leur transport dans les réseaux d'assainissement. 2019.

[Rilact, 5] : T. Pouzol ; Métrologie et modélisation des flux horaires et journaliers de médicaments en entrée de station d'épuration à l'aval d'un bassin versant urbain et d'un hôpital. 2018.

[Rilact, 6] : C. Sébastien ; Résidus de médicaments, métabolites et produits de dégradation : synthèse des résultats des campagnes de mesures au pas de temps horaire en entrée de station d'épuration. 2016.

[Seneur, 1] : D.A. Devault, H. Budzinski, N. Tapie, *et al.* ; Suivi des contaminants émergents dans l'environnement urbain et leur représentation sociale ; 2020

[Roulepur, 1] : Steven Deshayes, Johnny Gasperi, Marie-Christine Gromaire. ROULÉPUR maîtrise de la contamination des eaux de voirie. Livrable L2.1. État de l'art sur la contamination en micropolluants des eaux de ruissellement de voirie et parking. 2016

[Roulepur, 2] : Johnny Gasperi, Julien Le Roux, Sophie Ayrault, *et al.* ; Tâche 2.2 – Screening ciblé et non ciblé de micropolluants dans les eaux brutes. Livrable L2.2 - Rapport de synthèse sur la contamination en micropolluants des eaux de voirie/parking. 2019.

[Roulepur, 3] : K.Flanagan ; Évaluation de la rétention et du devenir d'un panel diversifié de micropolluants dans un ouvrage de biofiltration des eaux de ruissellement de voirie. Thèse. 2018.

Autres références :

- [1] : Emily S Bernhardt, Emma J Rosi, Mark O Gessner ; Synthetic chemicals as agents of global change. *Front Ecol Environ* 2017; 15(2): 84–90
- [2] : Busch, W., *et al.*, 2016. Micropollutants in European rivers: A mode of action survey to support the development of effect-based tools for water monitoring. *Environmental Toxicology and Chemistry* 35, pp. 1887-1899
- [3] : Geraudie, P., Gerbron, M., Minier, C., 2017. Endocrine disruption effects in male and intersex roach (*Rutilus rutilus*, L.) from French rivers: An integrative approach based on subcellular to individual responses. *Comparative Biochemistry and Physiology Part -B: Biochemistry and Molecular Biology* 211, 29-36
- [4] : Posthuma *et al.*; Mixtures of chemicals are important drivers of impacts on ecological status in European surface waters; *Environ Sci Eur* (2019) 31:71
- [5] : Reid, A. J, Carlson, A. K., Creed, I. F., *et al.*; Emerging threats and persistent conservation challenges for freshwater biodiversity. *Biol. Rev.* (2019), 94, pp. 849–873. 849. doi: 10.1111/brv.12480
- [6] : Programme national de biosurveillance Esteban 2014-2016, Santé Publique France, 2019
- [7] : 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
- [8] : Assoumani Azziz – Salomon Morgane ; Substances Pertinentes à Surveiller (SPAS) dans les eaux de surface. Bilan des données de surveillance acquises de 2016 à 2018 pour l'eau et le sédiment. Ineris - OFB 2020
- [9] : Togola A., Lardy-Fontan S. et Lestremau F.; 2019. Synthèse des résultats des campagnes nationales « liste de vigilance ». Réseau de Surveillance prospective-Aquaref; Rapport BRGM/RP-69183-FR
- [10] : Assoumani Azziz ; Lestremau Francois ; Salomon Morgane ; Ferret Celine ; Lepot Benedicte. Campagne Emergents Nationaux 2018 (EMNAT 2018). Résultats de la recherche de contaminants émergents dans les eaux de surface et les rejets de STEU. Ineris-OFB 2020
- [11] : Thomas Backhaus *et al.* Solutions Project. External Deliverable 13.1. Diagnostic toolbox for ecological effects of pollutant mixtures, including bio-tests, trait-based database and detection tool and WoE studies at hot-spot sites. 2017
- [12] : Ministère de l'Écologie. Note technique 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.
- [13] : C. Le Gal La Salle, L. Sassine, S. Khaska, *et al.*, Étude du devenir et de la persistance des contaminants organiques émergents et bactéries multi résistantes dans un continuum, eaux de surface eaux souterraines, du laboratoire à l' échelle du bassin versant, Projet de recherche européen « Water Joint Programme initiative » PERSIST ; 2017
- [14] : European Union Strategic Approach to Pharmaceuticals in the Environment, Commission européenne, 2019
- [15] : Ministère de l'Écologie. Plan micropolluants 2016-2021 pour préserver la qualité des eaux et de la biodiversité. 2016
- [16] : Mathilde Soyer Julien Gauthey, Lutter contre les micropolluants dans les milieux aquatiques : quels enseignements des études en sciences humaines et sociales ?; Collection *Comprendre pour agir* (32), OFB, 2018
- [17] : Philippe Ricour, Didier Colin, Sandrine Arbillot, Nicolas Venandet ; Recherche des apports de micropolluants dans les réseaux d'assainissement et définition d'actions de suppression/réduction. Éléments de cadrage à l'attention des acteurs de l'assainissement ; Agence de l'eau Rhin-Meuse, 2017
- [18] : ASTEE ; RSDE - Diagnostic amont et plan d'action pour la réduction des micropolluants. Cahier des clauses techniques particulières. 2017
- [19] : SIARP ; Guide pour identifier l'origine des micropolluants dans les réseaux d'eaux usées et pluviales et mettre en place des actions de réduction (Diagnostic amont – RSDE 3 STEU). 2019
- [20] : Graie ; La mise en conformité des rejets non-domestiques des activités de la collectivité. Groupe de travail Effluents non domestiques - Octobre 2018

- [21] : Cyrielle Briand, *et al.* Que sait-on des micropolluants dans les eaux urbaines ? Arceau-IdF et AFB, 2018.
- [22] : Franck Eymery, Jean-Marc Choubert ; Guide technique opérationnel. Pratiques d'échantillonnage et de conditionnement en vue de la recherche de micropolluants prioritaires et émergents en assainissement collectif et industriel. 2011.
- [23] : Sophie Lardy-Fontan, Bénédicte Lepot , François Lestremau *et al.* ; Aquaref -Opérations d'analyse physico-chimique des eaux résiduaires urbaines et industrielles dans le cadre des programmes de surveillance - Recommandations techniques. 2018
- [24] : Schulze, S., Zahn, D., Montes, *et al.*, 2019. Occurrence of emerging persistent and mobile organic contaminants in European water samples. *Water Research* 153, 80–90.
- [25] : Agence de l'eau Rhône-Méditerranée et Corse ; RSDE –Campagnes 2018 : Analyses des résultats sur les bassins Rhône-Méditerranée et Corse. 2020.
- [26] : Partaix Hélène - Lepot Bénédicte; Salomon Morgane; James Alice ; Substances dangereuses pour le milieu aquatique dans les rejets des stations d'épuration urbaines. Action Nationale de recherche et de réduction (RSDE STEU 3) - Exploitation des résultats. Ineris. 2021.
- [27] : A. Gouzy ; Guide pour l'inventaire des émissions, rejets et pertes de micropolluants vers les eaux de surface. Ineris. 2017.
- [28] : AESN, Aquascope, Ineris. Guide pratique des micropolluants dans les eaux du bassin Seine-Normandie. 2017.
- [29] : R. Mailler ; Devenir des micropolluants prioritaires et émergents dans les filières conventionnelles de traitement des eaux résiduaires urbaines des grosses collectivités (files eau et boues), et au cours du traitement tertiaire par charbon actif. Thèse. 2015.
- [30] : Paijens C, Bressy A, Frère B, Moilleron R. Biocide emissions from building materials during wet weather: identification of substances, mechanism of release and transfer to the aquatic environment. *Environ Sci Pollut Res Int.* 2020 Feb;27(4):3768-3791.
- [31] : L. Basilico, E. Villemagne, P.F. Staub *et al.* ; Micropolluants émis par les usages domestiques et l'artisanat : changer les pratiques pour mieux préserver l'eau. Collection Comprendre pour agir, OFB - 2021
- [32] : L. Basilico, E. Villemagne, P.F. Staub *et al.* Gestion du rejet dans les eaux usées des micropolluants issus du secteur de la Santé. Résidus de médicaments et de biocides médicaux. Collection Comprendre pour agir, OFB - 2021
- [33] : COM(2021) 400. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Pathway to a Healthy Planet for all EU action Plan: 'Towards Zero Pollution for Air, Water and Soil'. Brussels, 12.5.2021
- [34] : COM(2020) 667. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Chemicals Strategy for Sustainability. Towards a Toxic-Free Environment. Brussels, 14.10.2020
- [35] : COM(2019) 128. Approche stratégique de l'Union européenne concernant les produits pharmaceutiques dans l'environnement. Bruxelles, 11.3.2019
- [36] : Mise en œuvre du diagnostic permanent – Guide technique. Astee, 10/02/2020

Auteurs

Pierre-François Staub (OFB),
Marion-Justine Capdeville (Suez),
Maxime Pomiès (Eurométropole de Strasbourg).

Remerciements et contributions

Le travail de synthèse réalisé ici a bénéficié du regard précieux d'Estérelle Villemagne, Olivier Perceval, Stéphane Garnaud-Corbel, Bénédicte Augéard de l'OFB, Philippe Ricour de l'Agence de l'eau Rhin-Meuse, Sophie Benkö de l'Agence de l'eau Seine-Normandie, Philippe-Marie Lacroix du ministère de la Transition écologique, et Vivien Lecomte du Graie.

Citation

Staub P.F., Capdeville M.J., Pomiès M. 2022. Conduire un diagnostic « micropolluants » sur un territoire urbain - Retour d'expérience méthodologique du dispositif national « lutte contre les micropolluants des eaux urbaines ». Office français de la biodiversité. Collection *Comprendre pour agir*. 104 pages

Édition

Béatrice Gentil-Salasc (Office français de la biodiversité)

Création et mise en forme graphiques

Béatrice Saurel (saurelb@free.fr)

Cet ouvrage fait partie de la **collection Comprendre pour agir** consultable sur le portail technique de l'Office français de la biodiversité (<https://professionnels.ofb.fr/fr/comprendre-pour-agir>).

Ci-dessous, les derniers numéros parus

- 24 - Combien coûte la dégradation des milieux aquatiques pour les usagers de l'eau ? L'évaluation des dépenses compensatoires (janvier 2017)
- 25 - Les zones de rejet végétalisées : repères scientifiques et recommandations pour la mise en oeuvre (février 2017)
- 26 - Du dommage écologique au préjudice écologique. Comment la société prend-elle en compte et répare-t-elle les atteintes causées à l'eau et aux milieux aquatiques ? (avril 2017)
- 27 - Restauration de cours d'eau en France : comment les définitions et les pratiques ont-elles évolué dans le temps et dans l'espace, quelles pistes d'action pour le futur (juillet 2017)
- 28 - Impact cumulé des retenues d'eau sur le milieu aquatique. Expertise scientifique collective (novembre 2017)
- 29 - Les espèces exotiques envahissantes dans les milieux aquatiques : connaissances pratiques et expériences de gestion - Vol. 3 Expériences de gestion (bis) (mai 2018)
- 30 - La prévision à moyen et long terme de la demande en eau potable : bilan des méthodes et pratiques actuelles (janvier 2019)
- 31 - Les bénéfices liés à la préservation des eaux souterraines : pourquoi et comment leur donner une valeur monétaire ? (novembre 2018)
- 32 - Lutter contre les micropolluants dans les milieux aquatiques : quels enseignements des études en sciences humaines et sociales ? (septembre 2018)
- 33 - Agro-écologie et Trame verte et bleue : des synergies à valoriser (avril 2019)
- 34 - Évaluer le franchissement des obstacles par les poissons et macrocrustacés dans les départements insulaires ultramarins - Principes et méthode (décembre 2019)
- 35 - Bresle - Oir - Scorff - Nivelles. Trois décennies d'observations et de recherche sur les poissons migrateurs (mai 2020)
- 36 - Dimensionnement de la compensation *ex ante* des atteintes à la biodiversité - État de l'art des approches, méthodes disponibles et pratiques en vigueur (mai 2020)
- 37 - Histoire et impacts environnementaux de l'orpaillage en Guyane - Clefs de compréhension des tensions actuelles (juin 2020)
- 38 - Bilan pour l'action de la stratégie nationale pour la biodiversité 2011-2020 : synthèse de l'évaluation (juillet 2020)
- 39 - Trame noire, méthodes d'élaboration et outils pour sa mise en oeuvre (mars 2021)
- 40 - Les ressources de la prospective au service de la biodiversité – Comment mobiliser les futurs pour les politiques publiques de biodiversité ? (septembre 2021)
- 41 - Le traitement des eaux usées domestiques dans les départements d'outre-mer (septembre 2021)
- 42 - Micropolluants émis par les usages domestiques et l'artisanat : changer les pratiques pour mieux préserver l'eau – Retours d'expériences et recommandations à l'intention des collectivités (décembre 2021)
- 43 - Conduire un diagnostic « micropolluants » sur un territoire urbain - Retour d'expérience méthodologique du dispositif national « lutte contre les micropolluants des eaux urbaines » (février 2022)

Dépôt légal à parution
ISSN print : 2607-060X
ISBN web : 978-2-38170-126-4
ISBN print : 978-2-38170-127-1

Achevé d'imprimer en France
par Cloître en février 2022

Imprimé sur du papier issu
de sources responsables

Quels sont les micropolluants qui portent atteinte aux milieux naturels et aux ressources qui reçoivent nos eaux urbaines ? D'où proviennent-ils ? Comment organiser la lutte contre les micropolluants à l'échelle d'un territoire urbain ? Comment bénéficier des éléments de connaissances les plus récents pour diagnostiquer les émetteurs de pollutions les plus impactants ? Ce recueil rassemble de façon inédite les enseignements de treize projets de recherche sur des territoires engagés dans la lutte contre les micropolluants. Il s'adresse aux acteurs des territoires désireux de baser leurs actions sur un diagnostic optimisé des enjeux et leviers disponibles.

Pierre-François Staub est chargé de mission « Pollution chimique des écosystèmes et métrologie » à la direction de la recherche et de l'appui scientifique de l'OFB. Docteur en chimie, il anime depuis 2008 les partenariats scientifiques de l'OFB visant à accompagner les évolutions de la surveillance chimique exigées par la directive cadre sur l'eau. Il a par ailleurs co-animé depuis 2011 le montage et la mise en œuvre du dispositif « Micropolluants des eaux urbaines » avec ses collaborateurs de l'OFB, du ministère de l'Écologie et des agences de l'eau.

Chargée de projet au pôle environnement du LyRE, le centre de recherche et innovation de Suez Eau France, **Marion-Justine Capdeville** était la coordinatrice scientifique du projet Regard. Titulaire d'un doctorat en chimie analytique appliquée à l'environnement, elle a toujours travaillé sur des projets portant sur l'analyse, l'étude du devenir et la réduction des micropolluants. Elle poursuit ses activités en transposant et en approfondissant les enseignements issus de Regard à d'autres territoires.

Maxime Pomiès est ingénieur innovation au sein du service Eau et Assainissement de l'Eurométropole de Strasbourg. Il est en charge de monter et piloter des projets à la croisée de l'eau et de l'innovation comme la réutilisation des eaux, la récupération de chaleur dans les eaux usées ou la réduction à la source des micropolluants. Concernant ce dernier thème, il a piloté le projet Lumieau-Stra.