

La métrologie de l'eau en quête de renouveau

43- La surveillance des milieux aquatiques, une mise en œuvre complexe

44- Bon état chimique : quel suivi des substances prioritaires ?

48- La biosurveillance des milieux gagne du terrain

52- "Il y a un gap entre la mesure toxique et le fonctionnement écologique" par Arnaud Chaumot, Irstea

54- Rejets urbains : l'autosurveillance se met progressivement en place

À la Une

La surveillance des milieux aquatiques, **UNE MISE EN OEUVRE COMPLEXE**

L'appréciation de l'état des masses d'eau est un objectif complexe. Outre la grande variété des bassins français, la surveillance doit intégrer et dépasser les limites des méthodologies pour s'approcher de la réalité du terrain.

Dorothée LAPERCHE

Comment s'assurer de la bonne connaissance des milieux aquatiques ? Cette première étape - pourtant indispensable à élaboration des politiques pour l'atteinte du bon état des masses d'eau - doit franchir de nombreux obstacles pour tenter d'approcher la réalité du terrain. D'un point de vue chimique, selon la Directive cadre européenne sur l'eau (DCE), le bon état pour les eaux de surface est atteint lorsque la concentration de tous les polluants d'une liste établie ne dépasse pas les normes de qualité environnementales (NQE) définies dans la directive.

Pour les eaux souterraines, il correspond notamment à des normes de qualité définies pour les nitrates et les pesticides dans la directive fille relative aux eaux souterraines. La DCE demande ainsi de suivre 53 substances qualifiant l'état des eaux mais également des polluants d'intérêt national ou par bassin, à définir par les Etats-membres. En France, ce programme de surveillance de l'état des eaux est notamment encadré par les arrêtés du 27 juillet 2015 et du 7 août 2015 ainsi que l'arrêté du 7 septembre 2015. Au final, la liste se compose de plus d'une centaine de molécules^①. Organisés par les agences de l'eau, les contrôles portent sur 2.043 stations du réseau de surveillance relatives aux cours d'eau, plans d'eau, eaux côtières et eaux de transition. Le suivi des

eaux souterraines compte lui près de 1.800 stations. A cela s'ajoute le suivi sur les masses qui risquent de ne pas atteindre les objectifs environnementaux retenus : près de 4.618 stations sont concernées pour les eaux superficielles dont un quart est déjà inclus dans le réseau de surveillance précédent et 1.446 stations pour les eaux souterraines. Afin de garantir des données homogènes, comparables et qualifiées, le Gouvernement a rendu obligatoire l'intervention de laboratoires agréés pour le suivi de la qualité des eaux.

Dépasser les limites méthodologiques

La tâche n'est toutefois pas aisée. Plusieurs difficultés se présentent : nombre grandissant de molécules à surveiller, prélèvement d'échantillons qui garantissent une représentativité à la fois spatiale et temporelle de la masse d'eau, conservation et prévention de la contamination du prélèvement mais également gestion des limites de quantification ou incertitudes attachées aux mesures. Le coût de la surveillance pèse également sur les décisions dans un contexte de restriction budgétaire. La DCE donnant une obligation de résultats, chaque Etat-membre est libre de choisir la méthode la plus appropriée pour la surveillance. Des discussions sont aujourd'hui en cours pour que des méthodes alternatives puissent se développer pour essayer

de dépasser ces obstacles. Des échantillonneurs passifs pourraient ainsi contourner les difficultés de limites de quantification. Un autre outil est envisagé. Il s'agit de la biosurveillance, qui donne accès à une évaluation des niveaux de contamination des êtres vivants au sein des écosystèmes aquatiques et pourrait servir de système d'alerte. Au niveau national, des projets de recherche ont ainsi permis de développer des méthodologies reposant sur des larves d'amphibiens et de poissons ou encore des gammars.

L'autosurveillance des rejets en question

De l'autre côté de la chaîne de contrôle, pour éviter le déclassement des masses d'eau, le suivi des rejets dans le milieu aquatique se fonde sur une autosurveillance (ensuite contrôlée). Outre les installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE), les stations d'épuration urbaines (Step) doivent également mettre en place un programme de surveillance. L'encadrement du suivi des systèmes d'assainissement a récemment évolué avec la publication de l'arrêté du 21 juillet 2015. Les collectivités et les opérateurs privés sont également confrontés sur le terrain aux difficultés de suivi. ●

BON ÉTAT CHIMIQUE : quel suivi des substances prioritaires ?

Le suivi en routine des substances prioritaires doit composer avec de nombreuses difficultés : limites de quantification, problématique de représentativité de l'échantillon, etc. Des méthodes alternatives pourraient se développer.

Dorothée LAPERCHE



Mise à l'eau d'une cage d'exposition des échantillonneurs passifs [sur la rivière Coise]

Élément clef de l'élaboration de la politique de l'eau pour atteindre le bon état chimique demandé par la Directive cadre européenne sur l'eau (DCE)⁶, le suivi des polluants et l'obtention de données sur les milieux aquatiques doivent composer avec de nombreuses difficultés sur le terrain. Tout d'abord, avec l'évolution des connaissances, la liste des substances prioritaires - pour lesquelles les Etats membres doivent assurer une surveillance et ne pas dépasser un seuil (les normes de qualité environnementale) - s'est allongée de 33 à 53 candidates (dont 45 substances prioritaires). Et elle pourrait encore s'agrandir à l'avenir avec la nouvelle

liste : l'exercice de priorisation de la Commission européenne devrait être finalisé en 2017. Si les progrès technologiques permettent aux chercheurs de repousser les limites de quantification et détecter de plus en plus de molécules, se pose cependant la question du transfert de ces derniers sur le terrain et des possibilités de suivi en routine d'un grand nombre de substances différentes. En mars 2014, dans un rapport d'évaluation du dispositif d'agrément des laboratoires d'analyse dans le domaine de l'eau et des milieux aquatiques, le Conseil général de l'environnement et du développement durable (CGEDD) appelait

ainsi à une évolution du dispositif. Il soulignait également qu'aucun laboratoire n'était agréé pour l'ensemble des paramètres de la DCE. En 2013, quatre laboratoires étaient agréés pour plus de 80% des paramètres DCE et un seul laboratoire atteignait les 90%, selon L'institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris).

Les principales difficultés de la surveillance en routine

Pour accompagner les opérateurs, le laboratoire national de référence pour la surveillance des milieux aquatiques, Aquaref propose entre

autres des guides techniques et des méthodes. L'exercice de surveillance de ces substances en routine n'est pas aisé et doit composer avec différents verrous. Une des premières difficultés est de s'assurer de la représentativité à la fois spatiale et temporelle de l'échantillonnage. *"Si nous regardons la qualité d'une rivière, il est difficile d'avoir un échantillon qui la représente d'un point de vue spatial : il y aura des différences de*

Un protocole pour prioriser les substances à suivre

Le réseau Norman participe aux travaux avec la Commission européenne pour identifier les nouvelles substances qui justifient une attention prioritaire et rédige des recommandations pour la surveillance. Il a élaboré un protocole qui permet de prioriser les substances émergentes ou celles déjà réglementées. *"Le protocole établit des critères pour prioriser les substances émergentes pour lesquelles les performances des méthodes de mesure devraient être améliorées en priorité, ou aussi les substances pour lesquelles des campagnes de mesure devraient être initiées afin de compléter l'information sur leurs niveaux d'occurrence dans l'environnement"*, précise Valeria Dulio. Le réseau Norman a également travaillé sur un protocole de validation des méthodes au sein de la normalisation européenne. Ce dernier figure désormais parmi les spécifications techniques du comité européen de normalisation mais n'est pas obligatoire.

concentrations à différents niveaux de cette dernière, explique Adèle Bressy, chargée de recherches notamment sur la métrologie des micropolluants organiques à l'Ecole des Ponts ParisTech à Créteil. *De la même façon, d'un point de vue temporel, elle connaîtra des variations qui peuvent être liées au climat, au temps de pluie ou sec, ou à des effets saisonniers, etc."*. Les problématiques de la conservation et prévention de la contamination de l'échantillon peuvent également s'avérer complexes à gérer en routine. Outre le respect de certaines températures et de délais d'analyse, le flaconnage nécessaire peut varier en fonction des caractéristiques des molécules à analyser. *"Si nous cherchons des métaux traces dans un flacon en verre, nous pouvons contaminer l'échantillon car le verre présente, du fait de sa fabrication des impuretés, des métaux"*, illustre Adèle Bressy. Autre exemple, si la substance est photosensible, elle nécessitera un flacon en verre brun. L'accroissement du nombre de sub-

ou moins basses. *"Les connaissances avancent et les textes sortent avec des limites de quantification à atteindre et qui peuvent être très faibles pour certaines substances, sans lien direct avec les capacités analytiques des laboratoires de routine puisqu'elles sont établies de façon indépendante pour atteindre les normes de qualité environnementale définies par des tests d'écotoxicité, ajoute Marina Coquery, responsable du laboratoire de chimie des milieux aquatiques à l'Institut de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture (Irstea). Néanmoins, des délais d'application sont prévus pour permettre aux laboratoires de s'adapter"*. La normalisation doit également s'adapter et suivre l'évolution rapide des technologies d'extraction et d'analyse des molécules. *"Il est important de valider les méthodes avec un grand nombre de contrôles qualité et de pouvoir ensuite évaluer les incertitudes de la méthode, souligne Adèle Bressy. Avec les multiples étapes, les problématiques de représentativité*

"Les micropolluants sont des substances à l'état de traces dans les eaux, si nous n'avons pas un flacon qui est parfaitement propre, nous pouvons contaminer l'échantillon", Adèle Bressy, ECOLE DES PONTS PARISTECH

stances à suivre, peut entraîner une augmentation du nombre de flaconnages différents à utiliser. Les protocoles de nettoyage de la vaisselle peuvent également parfois être lourds pour les opérateurs. *"Les micropolluants sont des substances à l'état de traces dans les eaux, si nous n'avons pas un flacon qui est parfaitement propre, nous pouvons contaminer l'échantillon"*, note Adèle Bressy. Les métaux notamment exigent un équipement permettant de travailler dans des conditions de propreté élevée comme par exemple des hottes à flux laminaire pour éviter les poussières et les apports atmosphériques. Autre difficulté : en fonction de la méthode utilisée, les limites de quantification seront plus

spatiale et temporelle et d'extraction des polluants des matrices, il est possible d'avoir des incertitudes de 20 à 30% sur la concentration donnée pour des analyses d'eaux de rivière. Il faut tenir compte de ces incertitudes pour ne pas surinterpréter les résultats".

Les questions de coût pèsent également dans la balance : les méthodologies de suivi des différents polluants dans les milieux aquatiques peuvent représenter au final une facture élevée en argent comme en temps. Et bien souvent, notamment pour les métaux, les normes requises pour les milieux aquatiques sont plus faibles que celles demandées pour l'eau potable. Or, le contrôle de l'eau destinée à la consommation → →



→ → humaine représente le plus gros marché pour les laboratoires : il a été estimé annuellement à 80 M€ contre 30 M€ pour l'appréciation de la qualité des masses d'eau et 10 M€ pour l'analyse physico-chimique des rejets dans l'eau (hors auto-surveillance), selon le CGEDD. *"La demande de surveillance porte sur de nombreuses substances : avec la DCE et les substances d'intérêt au niveau national, nous arrivons à près de 200 substances, constate Marina Coquery. Les laboratoires de routine proposent des méthodes globalisées moins performantes que des méthodes ciblées. C'est un compromis entre le coût des analyses et les résultats attendus"*.

Vers une évolution des méthodes

Depuis les premiers pas de la DCE, les connaissances scientifiques sur le devenir des polluants dans l'eau ainsi que sur les milieux (matrices) dans lesquels ils sont susceptibles d'être retrouvés, ont évolué. *"Certaines molécules à caractère hydrophobe sont désormais à rechercher sur la matrice biote [organismes biologiques, souvent des poissons] car dans la matrice eau, nous avons des problèmes pour les détecter"*, rappelle Valéria Dulio, secrétaire exécutif du réseau Norman et chargée de mission veille et animation substances émergentes à l'Ineris. L'évolution des connaissances pourrait

encore modifier les pratiques et le suivi à l'avenir. *"La DCE impose aujourd'hui que les substances organiques soient analysées sur la fraction totale, l'eau brute, ce qui peut entraîner une difficulté de comparabilité des données : les pratiques des laboratoires pour la préparation des échantillons (conditions de filtrations, décantations, etc.) ne sont pas complètement homogènes, ce qui peut avoir un impact sur la fraction réelle analysée et donc sur les résultats, développe Valéria Dulio. Les experts réfléchissent à une possible révision des critères imposés par la DCE pour la mesure des substances organiques dans l'eau"*. Ainsi, pour les substances plus hydrophobes (non recherchées dans le biote), la recherche pourrait être à la fois dans la fraction dissoute et la matière en suspension. *"Pour les substances organiques hydrophiles, une recherche uniquement dans la fraction dissoute serait suffisante et aussi plus pertinente pour l'évaluation de la fraction biodisponible"*, complète Valéria Dulio. Des discussions sont également en cours sur la pertinence de suivre certains micropolluants. *"Un autre point de réflexion lié à la surveillance concerne les substances prioritaires qui continuent à être régulièrement recherchées dans les milieux aquatiques, mais qui ne sont*

Les recommandations de la DCE

La DCE a fixé un objectif de réduction des rejets des substances prioritaires dans les eaux superficielles. La liste de ces polluants ainsi que les normes de qualité environnementale associées est définie par la directive fille NQE : ces dernières peuvent être examinées tous les quatre ans, si nécessaire. Les normes de qualité environnementale (ou NQE) sont les concentrations d'un polluant ou d'un groupe de polluants dans l'eau, les sédiments ou le biote qui ne doivent pas être dépassées, afin de protéger la santé humaine et l'environnement. La directive fille précise également que les substances organiques doivent être analysées sur la fraction totale tandis que les métaux doivent être analysés sur la fraction dissoute.

presque jamais quantifiées, en tout cas jamais retrouvées au-delà des seuils de protection réglementaires, et qui pourraient donc être « délistées ». Leur suivi pourrait être arrêté ou limité en termes de fréquence de mesure", avance Valéria Dulio.

"Le premier avantage d'un échantillonneur passif est qu'il accumule les micropolluants, et répond de cette façon à la limite de quantification", Olivier Geffard, IRSTEA

Pour contourner certains verrous liés aux prélèvements et analyse des micropolluants, la Commission européenne se penche également sur de nouvelles méthodes de surveillance comme les échantillonneurs passifs et pourrait encourager le recours aux organismes biologiques. "Une des problématiques techniques liées au suivi de ces substances dans l'eau est la détection de concentrations aussi faibles. Nous prélevons à un moment donné un ou

dix litres d'eau sans intégrer la variation possible au cours du temps de la contamination du milieu et nous extrapolons pour obtenir une concentration moyenne afin de la comparer à une autre moyenne [la norme de qualité environnementale],

pointe Olivier Geffard, chercheur en écotoxicologie à l'Irstea. Le premier avantage d'un échantillonneur passif est qu'il accumule les micropolluants, et répond de cette façon à la limite de quantification". Reste à déterminer des méthodes pour chaque molécule afin de passer de la concentration relevée dans l'échantillonneur passif à celle retrouvée dans le milieu. "Au sein d'Aquaref, nous réfléchissons à un exercice de démonstration de l'efficacité des

échantillonneurs passifs, pour la surveillance spatiale et temporelle, qui débiterait courant 2017, précise Marina Coquery (Irstea). Nous réfléchissons également à des formations pour l'an prochain car nous avons constaté que beaucoup souhaitent s'y mettre". Le chemin jusqu'à l'utilisation effective en routine des échantillonneurs passifs semble toutefois encore long. "Ce sont des outils complexes à utiliser et à interpréter, souligne Adèle Bressy (Ecole des Ponts). Ils permettent d'obtenir une information différente et complémentaire d'un échantillonnage ponctuel : ils ne donnent généralement pas accès aux micropolluants présents dans la phase particulaire et fournissent des données sur la partie du dissous qui est la plus disponible pour certains organismes aquatiques". ●



ALTAIR et IZAR

Solutions intelligentes pour une gestion responsable de l'eau

DIEHL
Metering



Diehl Metering France est leader en France et en Europe en matière de relevé automatique de compteurs d'eau et propose des solutions innovantes pour une meilleure maîtrise des consommations d'eau. **ALTAIR V4**, compteur volumétrique compact et compatible avec différentes qualités d'eau, offre une métrologie performante ($R=800$). Modulaire, il peut être équipé à tout moment de la radio **IZAR RCi R4** pour le relevé des données en mode fixe ou mobile... www.diehl.com/metering

1996 - 2016 : 20 ans d'expérience et d'innovation !

Diehl Metering S.A.S. | 67 rue du Rhône - BP 10160 - FR-68304 Saint Louis Cedex | Tél. : +33 (0)3 89 69 54 00 | Email : info-dmfr@diehl.com

 smart in solutions

La biosurveillance des milieux

GAGNE DU TERRAIN

Alors que l'écotoxicologie n'était pas prête pour faire partie des outils d'application de la directive cadre européenne sur l'eau de 2000, ses avantages sont aujourd'hui redécouverts. La biosurveillance est une approche recherchée et appréciée pour affiner la connaissance des milieux et surtout les restaurer.

Florence ROUSSEL



Couple de gammarus servant comme bioindicateur pour la biosurveillance des milieux aquatiques

Utiliser le vivant pour évaluer l'état global d'un écosystème ? Rien de plus logique. Le nombre d'espèces présentes, l'abondance des individus sont en effet des critères qui peuvent traduire le niveau de dégradation du milieu. Ce principe est d'ailleurs l'un des deux piliers sur lesquels repose la surveillance des milieux aquatiques terrestres demandée par la Directive cadre sur l'eau (DCE).

Depuis 2000, cette DCE a conduit les Etats membres à faire un état des lieux complet de leurs masses d'eau (lacs, rivières, eaux souterraines) sous deux approches. Un état physico-chimique, basé sur des analyses de concentration de plusieurs contaminants dans l'eau, et un état biologique basé sur les espèces présentes ou non dans le milieu (bioindication écologique). Mais maintenant que

l'état des lieux a été réalisé, l'heure est à la restauration des milieux dégradés. Car l'objectif ultime de la DCE est bien de restaurer la qualité des masses d'eau. Les gestionnaires des milieux, sur lesquels porte cette responsabilité, cherchent à modifier les pratiques pour améliorer la situation. Encore faut-il qu'ils sachent ce qui a causé la dégradation du milieu. Une question à laquelle ne répondent pas les outils d'analyse actuels, ce qui pousse au déploiement de nouvelles méthodes d'analyse de la qualité des milieux.

L'utilisation du vivant pour compléter les données

Les mesures chimiques et la bioindication écologique de la DCE présentent certaines lacunes que les nouveaux outils biologiques cherchent à combler. *"Le problème de la mesure, c'est qu'on aura beau faire la liste de toutes les molécules chimiques du monde, on aura beau avoir les meilleurs appareils de mesure, il est impossible de doser toutes les molécules toxiques. Il n'est pas possible de comprendre toute la toxicité en regardant juste la chimie. Il faut une réponse intégrée sur le biologique"*, estime Arnaud Chaumot, chercheur à l'Irstea et co-fondateur de Biomae, une société qui propose un test biologique utilisant des crevettes. D'autre part, la présence de molécules dans le milieu ne veut

pas forcément dire qu'elles sont toxiques pour les populations. "Tout dépend de leur biodisponibilité, c'est-à-dire leur capacité à s'accumuler dans les organismes vivants, explique Guillaume Jubeaux, président et co-fondateur de Biomae. Nous pouvons observer deux concentrations identiques d'une même molécule dans deux milieux différents, mais ne pas avoir les mêmes niveaux d'accumulation dans les êtres vivants. Les organismes mesurent la fraction biodisponible des molécules en fonction des caractéristiques des milieux. C'est leur principal intérêt par rapport à des analyses d'eau". L'écotoxicologie fait ainsi le lien entre les observations biologiques (biomarqueurs) et l'exposition à des molécules. Le vivant répond au volet sanitaire de la DCE en déduisant le niveau d'exposition des êtres vivants et par la même occasion de l'Homme. "Le vivant

permet également d'expliquer les dégradations observées dans les milieux", complète Arnaud Chaumot. Les causes possibles sont multiples : pollution chimique, dégradation physique... "Les biomarqueurs peuvent être utilisés pour cibler les causes chimiques. Ils aident ainsi les gestionnaires à savoir quel robinet il faut couper pour améliorer l'état écologique", détaille le chercheur de l'Irstea. Surtout que la DCE impose une obligation de résultat. Elle a pour objectif l'atteinte d'ici 2015 du "bon état" de l'ensemble des masses d'eau. Si la deadline est désormais dépassée, l'objectif est lui toujours d'actualité.

De nouveaux outils déjà utilisés sur le terrain

Si la directive impose des obligations de résultats, elle ne donne aucune obligation de moyens. Les Etats

membres ont donc une certaine marge de manœuvre pour arriver à leurs fins. De nombreux projets de recherche ont ainsi été lancés pour développer les outils adéquats. Ils ont abouti à la mise au point de tests biologiques capables de rendre compte d'une pression chimique globale. C'est le cas par exemple du test du laboratoire WatchFrog qui utilise des larves d'amphibiens et de poissons pour détecter la présence de perturbateurs endocriniens dans un milieu. Equipés d'un gène codant la production d'une protéine fluorescente, les larves de WatchFrog s'illuminent en présence de perturbateurs endocriniens. "Le niveau de fluorescence révèle les effets des produits chimiques sur le système hormonal, explique Gregory Lemkine, PDG du laboratoire WatchFrog. Les hormones contrôlent toutes nos grandes fonctions physiologiques comme la reproduction, le → →





LE LABORATOIRE FRANÇAIS LEADER DES ANALYSES AGRICOLES ET ENVIRONNEMENTALES



ANALYSES POUR
PLANS D'ÉPANDAGE



COMPOSTS



PRODUITS
ORGANIQUES



SUPPORTS
DE CULTURES



MÉTHANISATION



DECHETS



EAUX
RÉSIDUAIRES

Nos plus

- Laboratoires agréés par les Ministères de l'Agriculture et de l'Environnement et accrédités par le COFRAC.
- Une plateforme technique unique : formation, interprétations, conseils, étude personnalisées.
- Un portail agronomique WikiAurea : Vous permet d'intervenir sereinement et plus rapidement sur le terrain grâce à une meilleure compréhension de votre analyse et du contexte réglementaire.
- Un service de prélèvement unique en France : analyses de sols, reliquats d'azote, produits organiques, eaux résiduelles et eaux naturelles.



www.aurea.eu

→ → développement du système nerveux, le métabolisme, le système immunitaire... Donc lorsqu'un têtard a son équilibre hormonal perturbé c'est qu'il est exposé à un cocktail de micropolluants dans l'eau qui va perturber ses grandes fonctions physiologiques". Normalisé depuis octobre 2015, ce test est aujourd'hui utilisé aussi bien pour la surveillance des milieux que pour évaluer le potentiel toxique d'effluents industriels, ou d'effluents de sortie de station d'épuration. Utilisés initialement dans l'industrie pharmaceutique pour identifier le potentiel toxique d'une molécule, ces tests arrivent aujourd'hui dans la métrologie de l'eau pour servir de complément à la mesure chimique classique. "Avec la mesure chimique, on ne trouve que ce que l'on cherche. Ça ne prend pas en compte l'effet cocktail. Les tests biologiques sont donc indispensables pour savoir si le milieu est toxique ou non", estime Philippe Durand, directeur scientifique de Kallistem. Sa société propose un test capable de mesurer le potentiel toxique d'un échantillon d'eau sur la spermatogénèse. "Ce test est un système d'alerte. Si l'échantillon induit un dysfonctionnement de la spermatogénèse, il y a de grande chance pour qu'il perturbe

d'autres fonctions physiologiques", prévient Philippe Durand. La start-up Biomae commercialise de son côté un test utilisant des gammarès, des mini-crevettes à la fois accumulatrices et sensibles aux polluants. Leurs particularités ? Les organismes utilisés, avant d'être exposés par encagement dans le milieu à tester, sont "calibrés". Après avoir été pêchés dans l'élevage, ils sont conditionnés en laboratoire (température, nourriture, etc.) durant une période donnée avant leur transplantation pendant plusieurs jours sur les stations d'étude. Suite à cette phase d'exposition *in situ*, les gammarès sont analysés pour mesurer la biodisponibilité de molécules et l'impact toxique du milieu à l'aide de biomarqueurs. "La grande force de ces tests est de donner une réponse comparable dans le temps et l'espace, ce qui n'est pas possible avec des individus prélevés dans le milieu, pour lesquels les incertitudes sont trop nombreuses", explique Guillaume Jubeaux, président et co-fondateur de Biomae.

Un avenir prometteur

Les tests développés par les instituts de recherche et déployés sur le terrain par ces start-up sont déjà utilisés

par les gestionnaires des milieux comme les agences de l'eau. "Il ne s'agit plus de recueillir des connaissances. Nos tests, utilisés depuis plus de dix ans par les industriels sont devenus des outils d'aide à la décision", estime Grégory Lemkine. La France a fait de la biosurveillance un axe de recherche majeur. Elle est aujourd'hui bien placée sur ce sujet comme l'Allemagne et l'Angleterre. D'autres pays, comme les Pays-Bas, qui ont principalement des canaux, développent plutôt des échantillonneurs passifs. L'ensemble des travaux français va alimenter les réflexions européennes. La DCE pourrait fortement les encourager dans les prochains cycles de mesures. La France a clairement l'intention de les généraliser. En avril 2015, le ministère de l'Environnement a d'ailleurs officiellement reconnu l'utilisation de moules et d'huîtres pour la surveillance du milieu marin. L'Ifremer est en charge d'animer ce réseau de surveillance. "Il est probable que d'ici quelques années, l'approche par le biote soit poussée au point de ne plus fixer de seuil de rejet en terme de concentration de polluants dans l'effluent mais de fixer un maximum de potentiel toxique à rejeter", imagine Arnaud Chaumot, chercher à l'Irstea. ●



Encagement des gammarès

"IL Y A UN GAP ENTRE LA MESURE TOXIQUE ET LE FONCTIONNEMENT ÉCOLOGIQUE"



Arnaud Chaumot, Chercheur à l'Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture (Irstea)

Difficile de faire le lien entre le niveau de toxicité observé dans le milieu et l'état de conservation des écosystèmes. L'Irstea a lancé de nombreux travaux pour corréler les informations. Arnaud Chaumot nous les détaille.

Environnement & Technique : Quelles sont les limites à l'utilisation de la biosurveillance dans l'évaluation de la qualité des milieux aquatiques ?

Arnaud Chaumot : La biosurveillance peut prendre deux formes : passive ou active. Il peut s'agir de regarder sur le plan physiologique comment les espèces réagissent au milieu. La présence de pesticides, par exemple, peut induire des modifications des marqueurs enzymatiques qui peuvent être mesurées par des tests biochimiques. En pêchant certaines espèces de poissons particulièrement sensibles, et en recherchant ces biomarqueurs, nous sommes ainsi capables de démontrer la présence et l'impact biologique de pesticides dans le milieu. Mais c'est une approche peu opérationnelle. Il faut que l'espèce qui nous intéresse soit présente dans le milieu visé. La

date de prélèvement, la saison et la sensibilité de la population sont des sources de variabilité qui posent des problèmes d'interprétation des résultats et donc une incertitude sur le diagnostic que l'on veut établir. De plus, le poisson pêché se déplace dans son milieu, ce qui rend difficile la mise en relation de l'impact écotoxicologique avec le milieu étudié.

E&T : En quoi consiste la biosurveillance active ?

AC : La biosurveillance active qui s'appuie sur la transplantation d'organismes permet de réduire certaines de ces incertitudes dans l'objectif de comparer les mesures entre stations, entre rivières et entre dates. A l'instar des travaux sur la moule développés pour la surveillance des milieux littoraux, les tests d'encagement de crustacés (gammarus) développés par Irstea, s'inscrivent dans cette biosurveillance active pour les milieux continentaux. Les individus issus d'une même population sont calibrés et exposés dans le milieu pour un temps donné. Les incertitudes de temps et d'espace sont alors réduites, les niveaux de réponses biologiques enregistrées pouvant être comparées à des valeurs de référence définies pour le test. Mais cette méthode présente ses propres limites. Nous avons mis au point une sonde qui permet de noter, classer et comparer entre elles les rivières en matière de contamination et de toxicité. Par contre, tout le travail reste à faire quand on veut utiliser cette note pour comprendre la dégradation écologique du milieu.

E&T : Pourquoi ?

AC : Le test n'est pas calé sur ce que vivent les organismes dans leur milieu. La sonde gammarus donnera une note de toxicité au milieu. Elle ne

dira pas si le contaminant est impactant pour l'écosystème. Nous avons donc un gros travail d'extrapolation à faire. Quel lien peut-on trouver avec la survie des espèces d'invertébrés ou de l'écosystème global ? Il y a un gap entre la mesure toxique et le fonctionnement écologique. De plus, l'organisme que nous exposons est naïf vis-à-vis de la contamination contrairement aux organismes présents dans le milieu. Nos organismes sont sensibles au cadmium par exemple. Mais dans leur milieu naturel, les organismes ou les populations peuvent s'adapter à la présence de ce métal. Les individus autochtones peuvent potentiellement supporter des concentrations supérieures aux organismes que nous utilisons pour nos tests. A l'inverse, les espèces présentes dans le milieu sont parfois plus sensibles, plus vulnérables en fonction des conditions d'habitat ou des stress environnementaux : prédation, parasitisme, température. La pression chimique n'est qu'un facteur parmi d'autres qu'elles supportent plus ou moins bien. Résultat, une même note de toxicité peut être indicatrice d'un impact très grave pour une population dans un milieu donné et pas du tout dans un autre. Une note peut expliquer l'extinction d'une population déjà exposée à une prédation importante. La même note, dans une autre rivière, ne sera pas indicatrice d'une extinction de l'espèce.

E&T : Quels travaux menez-vous pour affiner votre approche ?

AC : L'Irstea suit les populations dans les milieux pour relier les modifications physiologiques à l'impact sur les écosystèmes. Nous avons plusieurs approches, très empiriques. Nous sommes, par exemple, en train d'acquérir sur de nombreuses

rivières des notes de toxicité. Nous allons chercher à les corrélérer avec la note biodiversité observée par nos collègues écologues. Cette corrélation nous permettra d'en déduire des seuils pour lesquels nous n'avons jamais constaté de populations en bon état. Le projet a commencé il y a un peu plus d'un an. Nous avons encore deux à trois ans de travaux en partenariat avec l'Office national de l'eau et des milieux aquatiques (Onema). Nous développons également une autre approche via la description des mécanismes démographiques des populations. Nous modélisons les dynamiques de populations des espèces pour essayer de prédire, à partir du niveau de toxicité mesuré, si une population peut se maintenir ou pas. Cette modélisation se base sur des hypothèses validées expérimentalement au laboratoire du type : un gammare qui mange deux fois moins produit 25% moins d'œufs. Or, si on enlève un

quart des œufs, cela diminue de x% le nombre d'individus produits sur l'année. A un moment donné, ces deux approches vont se rejoindre : observation dans les milieux et modélisation seront confrontées pour établir des indicateurs de la dégradation écologique potentiellement incriminable à la pression toxique.

E&T : Quelle place va prendre la biosurveillance à l'avenir ?

AC : Avec ces travaux, nous sommes en train de combler certaines lacunes de l'écotoxicologie pour son utilisation dans les milieux. Lacunes qui expliquent pourquoi ce type d'outil n'a pas été sollicité en 2000 lors de la publication de la directive cadre sur l'eau (DCE). L'objectif de la DCE n'est pas que les individus soient en bonne santé (sauf l'Homme), mais que les communautés et les populations soient présentes et fonctionnent correctement dans nos écosystèmes. Aussi, les approches

écologiques de bioindication, qui permettent d'établir l'état de ces communautés, ont pleinement rempli ce rôle de description de l'état écologique de nos cours d'eau. Mais aujourd'hui, nous arrivons dans le dur de la DCE avec le besoin de restaurer les milieux. Il faut désormais identifier les causes de dégradation. La bioindication essaie de devenir plus spécifique en définissant de nouveaux indicateurs de l'état des communautés sensibles aux différents types de pressions (hydromorphologie, eutrophisation, etc). Les approches de biosurveillance issues de l'écotoxicologie qui commencent à être opérationnelles, déployables et disponibles pour la gestion des milieux, viennent compléter ces outils par des indicateurs de l'impact de la contamination des milieux aquatiques par les micropolluants. ●

Propos recueillis par Florence ROUSSEL

TRAITEMENT DE L'EAU



TRITON® ROEFLEX® BIOFLEX®
EQUIPEMENTS POUR PRETRAITEMENT
SYSTEMES D'AERATION POUR TRAITEMENT BIOLOGIQUE
JOHNSON screens® PASSAVANT® GEIGER® NÖGGERATH®

JOHNSON SCREENS

Global Business Unit Water Treatment
ZI - 86530 AVAILLES EN CHATELLERAULT
+33 (0)5 49 02 16 16
info.water@bilfinger.com

Johnson screens®



REJETS URBAINS : l'autosurveillance se met progressivement en place

Si le suivi des eaux pluviales, des déversements de réservoir d'orage ou les rejets des stations d'épuration constitue un des outils de prévention du déclassement des masses d'eau. Leur mise en place reste un enjeu pour de nombreuses collectivités.

Dorothée LAPERCHE

La prévention du déclassement des masses d'eau passe par un suivi des rejets des agglomérations dans le milieu. La réglementation prévoit, notamment à travers l'arrêté du 21 juillet 2015, une surveillance de ces flux mais ouvre aussi la possibilité d'un suivi, à la demande du préfet, de l'incidence des rejets sur le milieu. Si cette obligation de mesures est vertueuse, elle se confronte toutefois à différentes questions et problématiques sur le terrain. *"Pour la métrologie des systèmes d'assainissement, la qualité de la mesure dépend de nombreux paramètres, allant de la qualité des capteurs, à leur étalonnage et à leur maintenance en passant par l'adéquation site/métrologie employée. Pour beaucoup de collectivités aujourd'hui, déployer l'autosurveillance, c'est compliqué car cela représente un large spectre de compétences allant de l'étude amont à l'exploitation des données au quotidien. Cela nécessite des moyens humains et financiers en matière d'investissement, note Benoît Marduel, chef de projet à la direction technique de G2c Ingénierie. Les grandes collectivités se sont lancées dans le bain il y a quelques années. C'est généralement moins vrai pour les « petites et moyennes » ou celles qui ont des systèmes d'assainissement plus restreints et des services moins structurés".* Concernant le réseau de collecte, l'arrêté du 21 juillet 2015

impose une autosurveillance du déversement des ouvrages de surverse⁽¹⁾. Pour les plus gros déversoirs d'orage⁽²⁾, il est prévu une mesure et un enregistrement en continu des débits et une estimation des flux de pollution⁽³⁾ rejetés par ces déversoirs.

Une mesure du débit et flux de pollution délicate

L'obtention de ces données comporte de nombreuses difficultés : choix de l'emplacement du capteur pour évaluer le débit, détermination des incertitudes des données acquises ou encore mesure en continu des polluants. Pour tenter de répondre à ces problématiques de suivi, le laboratoire de génie civil et d'ingénierie environnementale (LGCIE) de l'Insa de Lyon, en partenariat avec la direction de l'eau du Grand Lyon ont conçu un dispositif intégré de surveillance et de maîtrise des flux (DSM) rejetés au niveau des déversoirs d'orage. *"Le profil hydraulique de l'ouvrage permet une meilleure surveillance des flux qui y transitent : il est pré-étalonné et pré-équipé de capteurs qui s'insèrent au niveau de la canalisation de décharge pour permettre de faire des mesures de macro et micropolluants, explique Cécile Bernard, responsable du service pilotage eaux usées et autosurveillance à la direction de l'eau du Grand Lyon. Compte tenu de la variabilité entre et au sein d'un*

événement pluvieux, nous savons que nous n'aurons jamais un prélèvement représentatif. Le DSM vise à résoudre ce problème". Un pilote hydraulique a été construit en avril 2013 et le dispositif en taille réelle pourrait être installé sur un site de la région lyonnaise cette année. Les



performances du DSM seront également testées en matière de séparation des microorganismes pathogènes et de réduction de l'écotoxicité des rejets. Aujourd'hui, selon le Grand Lyon, le suivi des flux déversés par les déversoirs d'orage est réalisé à partir des mesures de débit en continu sur les déversoirs d'orage représentant 70% des rejets mais également de la modélisation. Chaque année, les résultats des mesures et de la modélisation font l'objet d'un comparatif et des actions d'amélioration sont mises en oeuvre. Les modèles sont régulièrement mis à jour et calés pour apporter une fiabilité et représentativité des résultats. Par ailleurs, le Grand Lyon a mis en place depuis 2012 un suivi de la qualité des ruisseaux, intégrant l'ensemble des substances de la DCE. *"Conformément aux préconisations de l'arrêté du 21 juillet 2015, nous*

allons essayer de corrélér les volumes déversés par nos déversoirs d'ouvrage et la qualité des ruisseaux, mais cela va être difficile de déterminer si tel DO décline telle masse d'eau... nous mettons progressivement en place une démarche itérative", détaille Cécile Bernard. Certaines collectivités comme Chambéry métropole pointent la nécessaire réflexion pour traduire de manière opérationnelle cette obligation de suivi. *"Au départ, nous pensions dédier certaines personnes de l'équipe d'exploitation des réseaux, puis nous avons opté pour une spécialisation avec des fonctions métrologie plus transversales afin qu'elles puissent travailler au côté du laboratoire intercommunal,* explique Manuel Dahinden, ingénieur responsable technique du service eau et de assainissement de Chambéry métropole. *Une des difficultés rencontrées*

après l'entretien de la sonde est la validation et la qualification de la donnée, puis l'analyse et l'exploitation".

Des outils analytiques adaptés pour les micropolluants

Pour ce qui est de l'autosurveillance des stations de traitement des eaux usées, le maître d'ouvrage d'une station doit mettre en place une surveillance de différents paramètres, en fonction de la capacité nominale de son ouvrage. Le préfet peut demander une surveillance complémentaire de la présence de micropolluants dans les rejets des stations de traitement des eaux usées et une surveillance de l'incidence des rejets du système d'assainissement sur la masse d'eau réceptrice. *"Pour les stations d'épuration, cela fait longtemps que notre autosurveillance est en place,* pointe Cécile Bernard du Grand Lyon. *Depuis 2010, nous suivons également les micropolluants présents dans les rejets des stations. L'une des principales difficultés est l'interprétation de ces données, le lien avec la qualité des milieux récepteurs et les actions de réduction à la source, puisque les substances rejetées sont pour la plupart des substances ubiquistes (utilisation générale au niveau industriel et de l'aménagement, comme les métaux). C'est pourquoi la métropole de Lyon est également engagée dans la gestion des eaux pluviales à la source, des actions de sensibilisation et de communication auprès des industriels, des aménageurs et du grand public, ainsi qu'un suivi encadré des autorisations de rejet industriel".* Une fois ces données obtenues et qualifiées, elles servent aux collectivités pour connaître et optimiser la gestion de systèmes d'assainissement. *"Nous constatons un changement de comportement. D'un aspect initial purement réglementaire, les collectivités que nous côtoyons mutent vers une valorisation des données d'auto-surveillance pour mieux agir → →*



→ → en matière d'exploitation des systèmes mais aussi mieux investir chirurgicalement. Ces banques de données viennent également étoffer les bases de réflexion en matière de gestion patrimoniale, note Benoît Marduel, de G2c Ingénierie. Les exploitants privés sont structurés pour déployer et maintenir les dispositifs d'autosurveillance mais en terme d'exploitation et de valorisation des

pu bénéficier de l'éclairage de différents programmes de recherche menés dans le cadre de l'Observatoire de terrain en hydrologie urbaine (Othu) piloté par l'Insa de Lyon. Aujourd'hui, des pistes sont envisagées pour aider les collectivités à déterminer quels micro-polluants suivre en priorité. "La liste réglementaire des substances à surveiller continue d'augmenter avec

"Pour le suivi des pollutions dans les eaux pluviales, l'élément capital toutefois reste la mesure en continu car les événements présentent une forte variabilité", Cécile Bernard, GRAND LYON

données collectées, pour l'orientation des investissements en aval, ce sont plutôt les régies qui se sont engagées de manière performante. Conscientes des bénéfices en matière de programmation d'investissement, elles mettent souvent l'accent sur un renforcement d'allocation de ressources personnel sur ce sujet".

Connaître les rejets urbains de temps de pluie

Pour les eaux pluviales, le suivi des polluants permet d'évaluer l'impact de ces substances sur les milieux récepteurs et d'essayer de mettre en place des actions correctives. Ainsi dans le cadre d'arrêtés préfectoraux des bassins de rétention et d'infiltration, le Grand Lyon surveille la qualité⁽¹⁾ des eaux de pluie infiltrées et de la nappe phréatique en aval et en amont des points d'infiltration. "L'une des difficultés est de réaliser un prélèvement représentatif, suite à un épisode pluvieux, ce qui est très contraignant pour les équipes d'exploitation. L'idéal serait d'avoir des préleveurs dans les bassins d'infiltration, ce que nous intégrons aujourd'hui dès la conception des ouvrages, estime Cécile Bernard. Pour le suivi des pollutions dans les eaux pluviales, l'élément capital reste la mesure en continu car les événements présentent une forte variabilité". Ainsi, le Grand Lyon a

des polluants difficiles à suivre en routine, comme les polybromodiphényléthers (PBDE), le BPA, de nouveaux pesticides, note Céline Becouze-lareure, ingénieure de recherche dans le laboratoire déchets eaux environnement pollutions de l'Insa Lyon. Des réflexions sont en cours pour choisir les substances en fonction du contexte de la collectivité, des activités implantées. Des screening non ciblés nous permettent d'avoir des signatures de nos échantillons et ensuite de choisir les substances à suivre préférentiellement". Les scientifiques envisagent d'utiliser des outils écotoxicologiques pour constituer un premier criblage et évaluer l'impact des rejets de temps de pluie sur le milieu récepteur. "Nous mettons des microorganismes aquatiques en contact avec l'échantillon et nous regardons les effets, précise Céline Becouze-lareure. Ils serviront de systèmes d'alerte avant de se tourner vers des tests plus ciblés". ●

Notes :

⁽¹⁾ Les déversoirs d'orages et les trop-pleins de poste de pompage en système séparatif situés à l'aval d'un tronçon qui peut collecter une pollution journalière supérieure à 2,000 équivalent habitant

⁽²⁾ Déversoirs d'orages de taille supérieure ou égale à 10,000 équivalent habitants et déversant plus de 10 jours par an (moyenne quinquennale)

⁽³⁾ Demande biochimique en oxygène pendant cinq jours (DBO5), demande chimique en oxygène (DCO), matière en suspension, Azote Total Kjeldhal (NTK), phosphore total

⁽⁴⁾ Généralement, pH, chlorures, matière en suspension, demande chimique en oxygène, demande biochimique en oxygène, azote, hydrocarbures, pesticides, métaux, phosphore.

Différencier mesure et estimation via le futur commentaire technique

"Le commentaire technique [de l'arrêté du 21 juillet 2015] est en voie de finalisation. Nous sommes amenés à discuter de la différence entre la mesure et l'estimation, a indiqué M. Bertrand-Krajewski, chercheur au laboratoire DEEP de l'Insa de Lyon, lors de la journée Autosurveillance organisée par le Graie. Nous pouvons sous entendre que mesurer permet d'obtenir de meilleurs résultats, ce qui a été confirmé par le ministère". Seules les méthodes aux dispositifs normalisés et dont l'installation a été vérifiée comme conforme aux prescriptions de la norme seraient considérées comme de la mesure. Dans le cas contraire, elles sont perçues comme des estimations. "Si une étude spécifique permet de qualifier les données de l'étude validée comme conformes aux bonnes pratiques méthodologiques alors c'est considéré comme une mesure", développe le chercheur de l'Insa Lyon. L'étude spécifique permettrait de comparer le débit mesuré avec une valeur fournie par une autre méthode qui garantit un mesurage de qualité au moins égale à celle du dispositif. Le futur commentaire technique proposera également une caractérisation du débit : soit le mesurage de la hauteur du débit et de la vitesse moyenne à travers la section de mesure, soit le mesurage de la hauteur d'eau associée à une loi hydraulique, soit grâce à une pompe avec temps de fonctionnement et débit nominal taré.