



Analyse de l'eau

Quelle place pour les biocapteurs ?

Par *Jacques Olivier Baruch*

Abstract

TRADUCTION DU TITRE ET
DU RÉSUMÉ EN ANGLAIS
À VENIR

Où en est l'utilisation des organismes vivants pour détecter ou mesurer l'éventuelle toxicité d'une eau ? Les biocapteurs ou les bioessais sont-ils encore vus comme une solution d'avenir ou un espoir sans lendemain ?

Le secteur d'analyse des eaux par des organismes vivants n'a cessé de se transformer depuis notre dernier article sur le sujet (novembre 2018). « *Il s'organise* », se réjouit Laurent Viviani, cofondateur de Biomae et participant au contrat stratégique de la filière Eau, qui a été signé début 2019 pour deux ans entre le Gouvernement et Antoine Frérot, Président du Comité Stratégique de la Filière Eau. Celui-ci comporte un volet de biosurveillance.

Les groupes de travail se multiplient comme celui sur les bioessais piloté par l'INERIS et l'AFP dans le cadre de la possible révision de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE). Les formations envers les utilisateurs que sont les ingénieurs des bureaux d'études aussi. Le prochain, organisé par l'Ineris se tiendra les 11 et 12 juin à Verneuil-en Halatte, dans l'Oise. « *Un colloque sur la biosurveillance est prévu également en septembre prochain au Ministère de la transition écologique dans le cadre de l'implémentation*

du contrat du CSF Eau, précise Laurent Viviani. Et un guide technique devrait être édité pour la police de l'eau et les gestionnaires d'infrastructures pour pallier une certaine méconnaissance des bénéfices que peuvent apporter les outils de bio-surveillance dans le suivi de l'impact des rejets des acteurs de l'eau au sens large ».

DES PROJETS DE RECHERCHE DIVERSIFIÉS

Bactéries, crustacés, algues ou poissons... depuis plusieurs années, chacun pousse sa solution. Que ce soient des biocapteurs proprement dit qui résultent du couplage d'électronique avec un capteur dont l'élément sensible repose sur du matériel biologique, ou des bioessais basés sur une méthode analytique qui repose toujours sur un organisme vivant. « Dans ce cas, nous n'étudions pas les symptômes comme le font les biocapteurs, explique Dorothée Muñoz-Gestin, responsable activités de Tame Water (anciennement Tronico Vigicell), mais les modifications profondes des organismes ».

Questions produits et techniques, depuis 16 mois, certains espoirs ont cependant été déçus. Ainsi le prototype de Bioguard a été abandonné. « Bionef n'a pas suivi pour l'électronique et Suez a décidé de travailler avec des outils spectroscopiques par ultraviolet pour la DBO₅ », regrette Gérald Thouand, professeur au Gepea (Université de Nantes) et initiateur du projet.



© Bionef

Bionef a intégré dans son DTox II une unité de préparation des daphnies, et nourrit ses petites puces d'eau par des algues fixées que fournit l'entreprise, sans que le client n'ait besoin de cultiver les algues en parallèle.



© Tame Water

Insitox 1 de Tame Water est destiné aux eaux peu chargées. Il utilise 3 souches bactériennes, *Aliivibrio fischeri*, *Vibrio harveyi* et *Photobacterium leiognati*, dont la santé est évaluée par bioluminescence. Si au moins deux des trois souches donnent un signal défavorable, le risque de toxicité est élevé et il faut pousser plus loin les analyses.

Pourtant, avec Bioguard, la DBO₅ était mesurée en 3 heures et non 5 jours. Mais il faut préparer les bactéries 10 heures avant, ce qui n'est pas facile dans les stations d'épuration où les exploitants évoluent toujours dans l'urgence, le personnel exploitant se faisant de plus en plus rare. Tame Water a quant à lui élaboré deux bioessais terrain Insitox 1 et 2. Insitox 1, destiné aux eaux peu chargées, est commercialisé depuis 1 an. Il utilise 3 souches bactériennes, *Aliivibrio fischeri*, *Vibrio harveyi* et *Photobacterium leiognati*, dont la santé est évaluée par bioluminescence. Si au moins deux des trois souches donnent un signal défavorable, le risque de toxicité est élevé et il faut pousser plus loin les analyses. Le second produit, Insitox 2, est destiné aux eaux chargées en entrée et en sortie de station d'épuration. Il repose sur un ensemble de 5 à 10 souches bactériennes qui sont sélectionnées selon le milieu à analyser afin de s'adapter au client. Elles sont analysées quant à elles par fluorescence. « Les rejets de stations d'épuration de différents industriels n'ont rien à voir, explique Dorothée Muñoz-Gestin. Il faut sélectionner des souches bien adaptées à chaque type de rejet ». Comme pour Insitox 1, les bactéries sont vendues lyophilisées et reprennent vie quand on leur ajoute de l'eau. Étant commercialisable depuis le 1^{er} janvier de cette année, il est actuellement testé en tant que pilote par certains clients et une demande de brevet est en cours.

DES PROJETS QUI S'AFFINENT PEU À PEU

Pour d'autres fabricants, les 16 mois écoulés ont été l'occasion d'améliorer les produits existants. Bionef a ainsi intégré, dans son DTox II, une unité de préparation des daphnies, et nourrit ses petites puces d'eau par des algues fixées que fournit l'entreprise, sans que le client n'ait besoin de cultiver les algues en parallèle. Pour son système à poissons (vairon, barbu de Sumatra, bouvière, menée à grosse-tête, selon les gammes de températures locales), le TOXprotect TP64 II, Bionef a intégré en option une unité de déchloration pour les suivis d'eau potable et une détection de fausse alarme.

De son côté, Cifec a adapté son Truitosem pour être utilisé sur des eaux chlorées afin de protéger les établissements sensibles en eau potable. La Néerlandaise AquaDect a transformé son logiciel de traitement et de visualisation des données de son Musselmonitor constitué de moules d'eau douce (*Dreissena polymorpha* et *Unio pictorum*) ou marines (*Mytilus edulis*) afin de répondre à la tendance de multiplication des biocapteurs sur un même site. Le Musselmonitor est de plus aujourd'hui équipé d'un système de mesure de température, paramètre qui influe sur le comportement des moules.

Watchfrog développe des tests sur une technologie normée (NF T90-716 1 et 2) pour mesurer, par fluorescence, les effets des perturbateurs endocriniens



© Cifec

Cifec a adapté son *Truitosem* pour être utilisé sur des eaux chlorées afin de protéger les établissements sensibles en eau potable.

sur des larves d'amphibiens ou de poissons. FrogBox est ainsi une solution de biosurveillance sur site qui permet une mesure en continu avec relevé toutes les 3 heures. Outre les campagnes de biosurveillance, WatchFrog propose également des tests pour cartographier l'ensemble d'un bassin-versant et identifier les sources de contaminations. Autre développement, les biocapteurs développés par Microbia Environnement qui ont été conçus pour la détection rapide d'organismes aquatiques pathogènes dès les premiers stades de leurs proliférations. Il s'agit d'outils moléculaires puissants qui permettent d'anticiper la toxicité induite par ces microorganismes en eaux de baignades, eaux potables et aquaculture, en milieu marin ou en eau douce.

Depuis l'été dernier, le biocapteur Node d'Enoveo (racheté par Hydreka en juillet dernier), s'est aussi amélioré. Cette technologie utilise les bactéries indigènes comme indicateurs de la qualité de l'eau. Basé sur le principe des piles à combustible microbien, Node est en mesure de mesurer la charge organique (ou DBO_5) sur site et en temps réel. « Le chiffre 5 de la mesure de DBO_5 veut maintenant dire mesure en 5 minutes et non plus 5 jours », s'amuse Olivier Sibourg, responsable Node Solutions et Services chez Hydreka. Cette technologie autonome en énergie et certifiée ETV par le LNE et le BRGM ouvre de nouvelles perspectives dans le pilotage en temps réel. En associant d'autres sondes physico-chimiques, l'approche biocapteur s'est mutée, chez Hydreka, en approche multiparamétrique. Dans

ce contexte, le concept Node Solutions et Services implique un ensemble de prestations comprenant des capteurs autonomes en énergie et communicants. L'interprétation simultanée des données générées se fait sur site au sein d'un automate autonome (DTU2A). Ainsi avec cette approche, on passe de la mesure d'un paramètre à la gestion d'une information en temps réel, voire d'une aide à la décision. Il est dorénavant possible d'asservir un processus épuratoire en fonction de la qualité de l'effluent entrant en temps réel. Autre exemple, NODE Solutions et Services peut piloter un préleveur automatique en lien avec la détection d'un événement et de sortir de la contrainte du bilan 24 h « L'approche multiparamétrique permet des prélèvements ciblés et la solution informe le client par SMS, mail ou autre qu'un événement (pollution choc toxique, variation de charge) a été détecté et qu'un prélèvement vient d'être réalisé » explique Olivier Sibourg. Le concept a été validé par des tests avec la Métropole de Lyon dans le cadre du projet MADS (Maîtrise et Anticipation de la formation Du Sulfure d'hydrogène) et la station d'épuration de St-Fons, dans la banlieue sud de Lyon pour la DBO_5 . C'est aussi à St-Fons qu'est installé et testé le nouveau Toxmate de Viewpoint. C'est une boîte contenant 16 membres de trois espèces animales aquatiques dont la sensibilité aux micropolluants est différente. Ce sont soit des gammares, des limnées, des annélides et autres poissons zèbres de moins d'un mois. Les 48 poissons sont éclairés en infrarouge et observés par des caméras

Cette aide à la décision ne peut se faire sans de multiples analyses et données recueillies aussi bien en laboratoire que sur le terrain. Biomae, qui propose ses gammars encagés comme organisme sentinelle selon la norme Afnor XP T90-721, a ainsi normalisé l'année dernière la bioaccumulation de ses petites crevettes non invasives. À l'aide d'un référentiel contenant 250 micropolluants, la société est capable d'interpréter les niveaux de biodisponibilité après avoir analysé, par spectrométrie de masse des gammars exposés directement pendant plusieurs jours dans le milieu récepteur. L'entreprise de Château-Gaillard (Ain) est aussi en mesure de proposer des bioessais d'écotoxicité intégrateurs qui permettent, en analysant certains biomarqueurs sur les gammars, de connaître le niveau d'impact écotoxicologique des micropolluants présents dans le milieu récepteur ou le milieu naturel. « Un biomarqueur, c'est en quelque sorte une signature biologique précoce de l'impact des micropolluants sur les gammars », déclare Laurent Viviani. Ces bioessais d'écotoxicité seront normalisés AFNOR courant 2020 ».

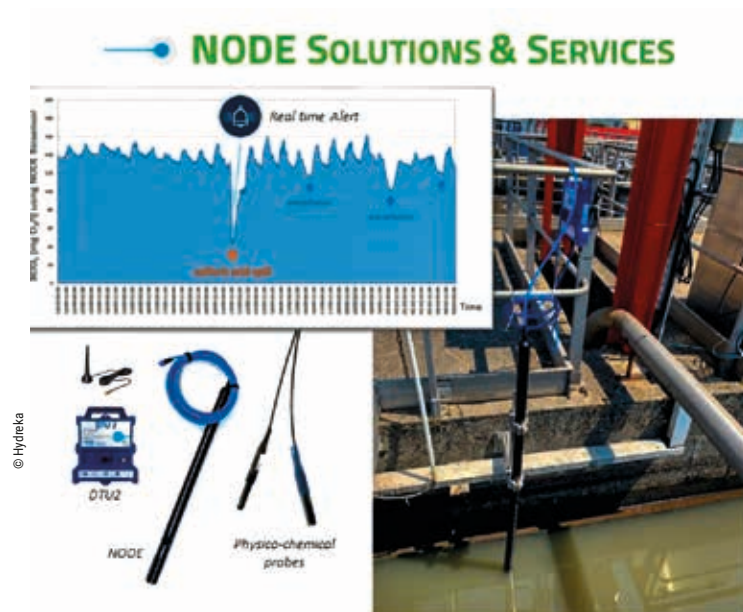
DES PROJETS DE RECHERCHE QUI SE POURSUIVENT

Et puis il y a des produits encore au stade de recherche. Ils ne sont donc pas



Les biocapteurs développés par Microbia Environnement ont été conçus pour la détection rapide d'organismes aquatiques pathogènes. Il s'agit d'outils moléculaires puissants qui permettent d'anticiper la toxicité induite par ces microorganismes en eaux de baignades, eaux potables et aquaculture.

©DRP



Le biocapteur Node d'Enoveo-Hydreka, autonome en énergie et certifié ETV par le LNE et le BRGM, ouvre de nouvelles perspectives dans le pilotage en temps réel. En associant d'autres sondes physico-chimiques, l'approche biocapteur s'est mutée, chez Hydreka, en approche multiparamétrique.

encore sur le marché. « Depuis l'été dernier nous avons repris la conception de la nouvelle version de notre Gymnotox, prévient Nicolas Vaudois, chez Aqua MS. Les derniers mois ont permis de mettre au point un nouveau système de chauffe non agressif de l'eau ». Il leur reste encore quelques mois de travail avec la société ER Ingénierie pour assembler l'ensemble et tester le nouveau biocapteur basé sur un poisson électrogène, l'Apteronotus albifrons de l'ordre des Gymnotiformes. L'objectif consiste à développer des biocapteurs en ligne comme cela se fait pour les mesures physico-chimiques, mais le marché n'est pas encore prêt à cela. Pour l'instant, les essais sont réalisés hebdomadairement.

QUELLE PLACE POUR LES BIOCAPTEURS ?

L'ensemble du secteur est donc en pleine progression. Jusqu'où ira-t-elle ? Les biocapteurs sont-ils en passe de devenir une solution complète ? Beaucoup de fabricants sont mitigés.

« Les systèmes biologiques sont une très bonne réponse au besoin de surveillance globale d'un milieu, car ces solutions reposent sur l'analyse d'un réactif biologique dans son environnement vitae, déclare Nicolas Vaudois. Il est sensible à



Biomae, qui propose ses gammarens encagés comme organisme sentinelle selon la norme Afnor XP T90-721, a normalisé l'an dernier la bioaccumulation de ses petites crevettes non invasives. À l'aide d'un référentiel contenant 250 micropolluants, la société est capable d'interpréter les niveaux de biodisponibilité après avoir analysé, par spectrométrie de masse, des gammarens exposés directement pendant plusieurs jours dans le milieu récepteur.

tous les paramètres constituant ce milieu et donc même à ceux que nous n'aurions pas envisagés. En revanche, ces biodétecteurs ne permettent pas de quantifier sur une échelle graduée une concentration d'un élément chimique tel que le ferait un analyseur optique, électrochimique, etc. Mais ils sont capables de détecter les variations de qualité de leur environnement, ce que le capteur ne fait que sur un seul paramètre à la fois ».

D'autre part, la chimie a fait de gros progrès sur les métaux et l'automatisme des biocapteurs reste délicat à mettre en place. Pour Dorothée Muñoz-Gestin, « les bioessais peuvent avoir un rôle seuls pour étudier l'impact de la toxicité chimique sur le vivant, mais l'application majoritaire est avant tout d'être une aide à la décision pour du pilotage de process, en complémentarité des outils physico-chimiques ».

Reste que la chimie, si elle arrive à détecter quelques 900 polluants, ne parvient pas à juger de leurs interactions, que ce soit une exaltation ou une annulation des effets. Seuls les outils de biosurveillance permettent de prendre en compte l'effet cocktail des micropolluants sur le vivant. ●