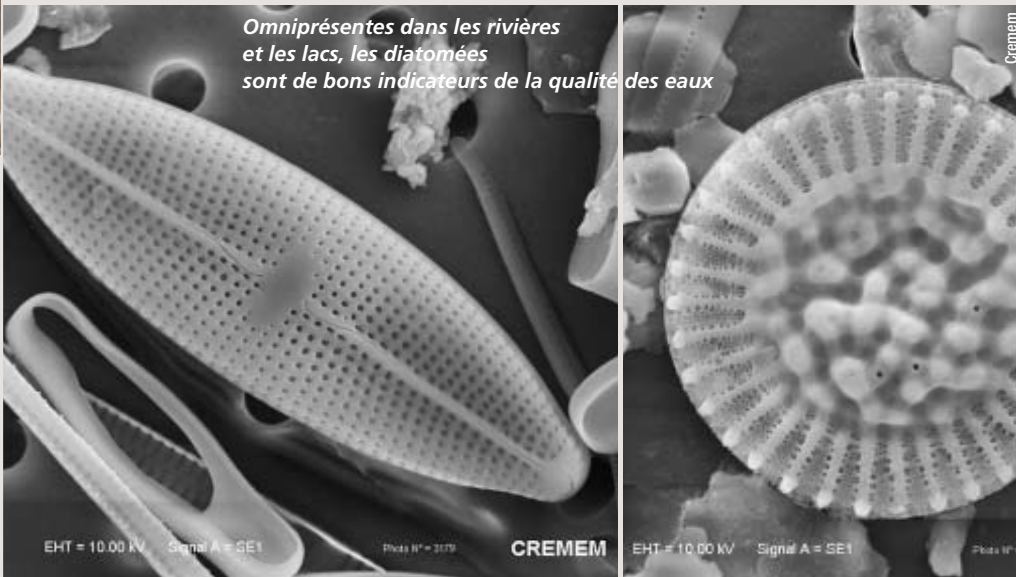


## Avenir de la planète

### La bioindication au cœur des débats



**Dans un contexte où la protection des milieux aquatiques, celle des habitats, et prochainement celle des sols, deviennent des priorités de l'Union européenne, les gestionnaires des eaux et des territoires ont besoin d'outils pour évaluer l'état des milieux. La bioindication est une voie que privilégient les chercheurs du Cemagref depuis plus de 20 ans en complément à l'analyse physico-chimique de l'eau et des sols. Au regard des avancées scientifiques obtenues, les bioindicateurs sont aujourd'hui voués à un nouvel avenir, celui de juges de paix de la qualité et du suivi écologique des milieux.**

La bioindication au sens large du terme se réfère à *"la capacité d'organismes ou d'un ensemble d'organismes à révéler par leur présence, leur absence ou leur comportement démographiques les caractéristiques et l'évolution d'un milieu"* (Blandin, 1986). Par extension, on qualifie ces êtres vivants de bioindicateurs.

À leur manière, les jardiniers et les agriculteurs ont recours à des techniques simples de bioindication pour établir un diagnostic de leurs parcelles. Ainsi, la présence d'orties ou de lombrics indiquent respectivement des sols riches en nitrates ou en matières organiques. Les biologistes et les écologues sont aussi de grands utilisateurs des méthodes de bioindication. Les inventaires floristiques réalisés dans les forêts ou les prairies

sont couplés à des analyses du milieu afin de comprendre le fonctionnement de l'écosystème. Il en est de même dans les cours d'eau où la qualité de l'eau et de l'habitat détermine en interaction, la richesse de la faune et de la flore.

Aujourd'hui, les méthodes de bioindication appliquées à des niveaux d'organisation biologique allant de la molécule à la communauté, permettent d'appréhender la qualité globale des milieux en réponse à toute une gamme d'impacts : contamination toxique, modifications physiques de l'habitat, variation du régime hydraulique, eutrophisation, changement global du climat, etc. Véritables "baromètres vivants" de la qualité des milieux, les indicateurs biologiques sont devenus des outils incontournables pour gérer et suivre l'état des écosystèmes.

#### Une palette de bioindicateurs pour restaurer le bon état écologique des milieux aquatiques

■ **Témoignage de Jean-Gabriel Wasson, TR Hydreco, Lyon**

En se référant à des critères de bon état écologique, la Directive cadre européenne sur l'eau (DCE) place le vivant ou la biologie, au cœur du débat. Et la bioindication est l'outil incontournable pour mener à terme ce projet.

Cependant, à l'échelle européenne, les méthodes de bioindication diffèrent. Ainsi, dans les pays d'Europe centrale sous influence germanique, les indices "invertébrés" s'inspirent du système "saprobie" basé sur l'affinité des espèces pour la matière organique.

La France, la Grande-Bretagne et les pays méditerranéens, ont développé des "indices biotiques" qui combinent la disparition des taxons et leur sensibilité à la pollution. Aujourd'hui, il s'agit de mettre en cohérence ces différentes méthodes d'évaluation de la qualité des masses d'eau européennes, et l'on va vers une harmonisation des concepts.

En France, le Cemagref est l'organisme de référence pour la conception de méthodes de bioindication pour les eaux douces, et leur intercalibration dans le cadre de la DCE. Ce travail mobilise des équipes travaillant sur différents groupes (invertébrés, diatomées, poissons, macrophytes, oligochètes, etc.) et milieux (rivières, lacs, estuaires). La tendance est au développement de nouveaux indices fonctionnels qui sont plus intégrateurs et ont une large échelle d'application.



Les données sur le terrain sont essentielles à la construction d'indicateurs



De la qualité de l'eau à la qualité de l'écosystème

C. Malton

## De l'inventaire piscicole à l'analyse des traits fonctionnels

■ *Témoignage de Didier Pont, TR Hydreco, Aix-en-Provence*

Dans les années 1980, un nouveau concept de bioindication apparaît aux USA. Il consiste à évaluer la qualité des milieux à partir de l'analyse des traits fonctionnels des organismes présents. Quelles sont leurs exigences en termes de température, de courant ? Où se reproduisent-ils et où se nourrissent-ils ? Quelle est leur place dans le réseau trophique ?

C'est en partant de ces travaux que nous avons conçu un nouvel indice poisson, l'IPR (Indice Poisson Rivière) intégrant des métriques fonctionnelles.

Aujourd'hui, nous avons adossé à cet outil des modèles statistiques qui permettent de prédire les populations de poissons présentes dans une rivière en l'absence de toute perturbation humaine.

Pour répondre aux exigences de la DCE, il est dès lors possible de caractériser l'état de référence de tout type de cours d'eau en s'affranchissant de l'expertise et des contraintes de la biogéographie. Ceci nous a permis de publier le premier outil de bioindication développé à l'échelle de l'ensemble de l'Europe. En retour, les modèles qui alimentent l'outil permettent de mieux connaître le fonctionnement des écosystèmes et d'envisager les conséquences du réchauffement global sur les objectifs de bon état.

L'IBGN prend en compte la présence de taxons, comme les larves d'Epeorus



J.-P. Balmain

## Tout a commencé dans l'eau

Tout comme la vie est apparue dans l'eau, les premières méthodes de bioindication ont été conçues pour suivre la qualité des écosystèmes aquatiques. Au 19<sup>e</sup> siècle émerge un courant hygiéniste en réaction à l'accroissement des villes et de leurs déchets. Les effluents organiques rejetés dans les cours d'eau sont visés en priorité. En 1902, un premier indice de bioindication basé sur l'affinité ou l'intolérance des êtres vivants vis-à-vis de la pollution organique est conçu : l'indice saprobie de Kolkwitz et Marson.



La flore est le reflet des conditions de l'environnement

C. Loucougney

## De nouvelles perspectives de recherche sur les diatomées

■ *Témoignage de Michel Coste, TR Dynaq, Bordeaux*

Depuis plus de trente années, notre équipe étudie la biologie et l'écologie des diatomées des eaux courantes.

La mise au point de plusieurs indices dont un normalisé (IBD) a permis d'assurer une surveillance du Réseau national de Bassin depuis plus de dix ans. Une version récente tente de pallier les limites d'application de la norme AFNOR.

- Utilisation des formes tétratogènes et des biovolumes cellulaires (l'abondance des grandes formes est un critère de stabilité des conditions environnementales) pour mieux cibler les effets toxiques (pesticides, métaux lourds).

Appliquée initialement aux protozoaires, la méthode est élargie dans les années 60 aux diatomées, algues unicellulaires, sensibles à divers types de pollution. C'est au Cemagref, et plus particulièrement à Michel Coste, que l'on doit l'indice biologique diatomées (IBD) et l'indice de polluosensibilité spécifique (IPS) mis au point dans les années 80. Ces indices sont avec l'IBGN les plus utilisés en France.

## Des indices à l'échelle des communautés

L'IBGN ou indice biologique global normalisé s'applique aux invertébrés d'eau douce. Il est issu des travaux menés sur les indices biotiques en Grande-Bretagne dans les années 60. Les travaux menés au CTGREF (qui précédait le Cemagref) par Vermeaux *et al.* sont à l'origine de l'IBG, puis de sa normalisation en 1982.

Cet indice s'appuie sur la réponse globale des communautés à un ensemble de pressions : pollution organique, altérations morphologiques et hydrologiques, et contamination toxique. Une note de 1 à 20 est attribuée en fonction de l'absence de taxons indicateurs (principalement

- Intégration accrue des situations de référence sous-représentées dans le panel d'origine (milieux acides à hyperacides, salés à hypersalés) avec son cortège d'espèces rares.

- Prise en compte des formes invasives, souvent tropicales, à la fois indicatrices du réchauffement climatique et utiles pour appliquer la DCE dans les départements d'outre-mer.

Nos efforts portent sur l'intégration de ces traits biologiques avec une limite liée à l'incapacité d'identifier les formes vivantes. Des approches faisant appel à l'écotoxicologie, la biologie moléculaire et la cytologie vont être envisagées pour parvenir à des diagnostics plus précises, mais elles sortent du domaine de la bioindication de routine chère aux gestionnaires.

des larves d'insectes) et de la richesse taxonomique globale.

Aujourd'hui, l'indice IBGN évolue grâce aux travaux menés conjointement par l'université de Metz et le centre du Cemagref de Lyon. "Un nouveau protocole d'échantillonnage a été conçu, puis appliqué aux stations de référence et de surveillance dans le cadre de la mise en œuvre de la DCE", explique Jean-Gabriel Wasson. "En retour, les données recueillies vont nous permettre de mettre au point d'ici 2009, un nouvel indice invertébré intégrant à la fois des informations sur la biodiversité et la structure fonctionnelle".

### Vers des indices plus fonctionnels

Les outils classiques de bioindication utilisés dans les milieux terrestres se réfèrent aussi à des assemblages d'espèces en lien avec les paramètres du milieu. C'est la base même des relevés phytosociologiques utilisés depuis des décennies, en botanique, et dans des domaines de recherche plus appliqués comme la sylviculture ou l'agriculture.

Depuis une dizaine d'années, les techniques de bioindication intègrent de nouveaux concepts issus de l'écologie fonctionnelle. À Grenoble, les chercheurs s'intéressent aux processus clés qui permettent aux populations et aux communautés de se maintenir. "Nous prenons en compte par exemple les organismes de la faune du sol qui influent sur la décomposition de la matière organique, mais aussi sur la fabrication du sol vivant (espèces ingénieurs)", commente Jean-Jacques Brun.

Deux outils de diagnostic développés actuellement : nématode, bioindicateur de la qualité des sols et spectromètre proche infrarouge (NIRS)



L. Cécillon



J.-J. Brun



Turricule de vers de terre, indicateur du sol vivant très utilisé dans les expertises

J.-J. Brun

Une telle approche est indispensable pour comprendre les effets globaux du changement climatique ou pour piloter les processus de restauration écologique dans l'espace et le temps. Dans les milieux aquatiques, les outils de bioindication connaissent une évolution similaire comme en témoigne l'évolution des indices poissons ou invertébrés dans le cadre de l'application de la DCE.

### Une priorité, les contaminants toxiques

La validité des indicateurs écologiques est cependant limitée lorsqu'il s'agit d'évaluer la toxicité des molécules chimiques rejetées à de faibles concentrations dans les milieux, comme les pesticides, les médicaments, les détergents, les métaux lourds, etc.

### De nouveaux indicateurs pour les milieux terrestres

■ **Témoignage de Jean-Jacques Brun, TR Dymon, Grenoble**

Au cours de la dernière décennie, on est passé d'une indication qui répertorie les populations et les communautés végétales à une indication qui pointe les processus clés assurant leur maintien dans le milieu. Il s'agit par exemple des processus de reproduction et de multiplication, comme la floraison ou la clonalité.

Par ailleurs, des milieux riches et diversifiés se sont dégradés, suite par exemple à des processus érosifs, des pollutions et des utilisations non précautionneuses du sol vivant. Dans la perspective de la future directive cadre de protection des sols, deux outils d'évaluation et de suivi de la qualité des sols sont en cours de développement : un indice basé sur l'assemblage des communautés de nématodes et une méthode de prédiction des propriétés biologiques du sol par spectroscopie proche infra rouge.

Enfin, notre équipe s'investit aussi à l'échelle des paysages. Une thèse récente a permis de montrer que le Tétrás-lyre, espèce emblématique des montagnes françaises dont les Alpes, est un bon indicateur de la qualité du paysage, qu'elle soit analysée sous l'angle de la biodiversité ou sous l'angle de l'attractivité touristique.

Quand l'écotoxicologie passe du laboratoire au milieu naturel



E. Kühn

Des outils précieux pour piloter la restauration des milieux dégradés



F. Dingler



Le Tétrás-lyre, un oiseau sensible à la fermeture des paysages

E. Lear (lire de droite)

## L'écotoxicologie, une discipline incontournable

■ *Témoignage de Marie-Hélène Tusseau, TR Exper, Antony*

L'écotoxicologie est une discipline en devenir si l'on considère la diversité des molécules chimiques potentiellement toxiques présentes dans les écosystèmes et leurs effets complexes sur le vivant.

En effet, on estime aujourd'hui qu'une nouvelle molécule apparaît toutes les trente secondes dans le monde. Dans une rivière par exemple, chacune d'entre elles peut se dégrader en une dizaine de métabolites potentiellement toxiques.

Cette toxicité est encore conditionnée à la biodisponibilité des contaminants, c'est-à-dire leur capacité à franchir les barrières du vivant, qui dépend des paramètres de l'environnement et de la nature des organismes contaminés.

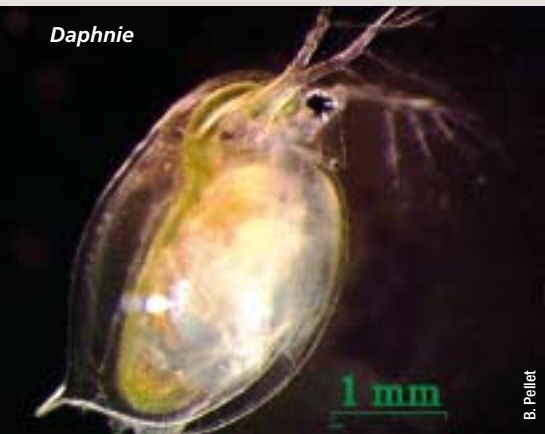
Devant la complexité d'une telle caractérisation chimique, les chercheurs privilégient également le développement de biomarqueurs, ou indicateurs d'exposition. Cette technique consiste à détecter la toxicité d'une substance dans les cellules d'organismes sentinelles. Les marqueurs en relation avec de grandes fonctions biologiques sont privilégiés comme les fonctions de reproduction, de locomotion ou d'alimentation.

*Les biomarqueurs sont développés sur des organismes sentinelles*



Gammaré

B. Pellet



Daphnie

B. Pellet

D. Gauthier

*La perception de la qualité des milieux diffère selon les usagers*

Des milliers de molécules sont concernées. Comme la plupart de ces substances ont des effets qui ne seront détectables à l'échelle des populations que sur le long terme, en particulier aux faibles concentrations d'exposition présentes dans les milieux, une approche consiste à développer des biomarqueurs, qui mesurent des impacts dans les cellules et les tissus d'organismes "sentinelles" présents dans le milieu contaminé.

Au Cemagref, les biomarqueurs sont développés dans les écosystèmes aquatiques. Des premières recherches menées à Lyon sur les poissons, les études s'étendent aujourd'hui aux invertébrés et aux diatomées impliquant des équipes d'Antony et de Bordeaux.

Outre leur sensibilité aux polluants, le choix des espèces indicatrices répond à différents critères dont leur présence dans tous les types de milieux, leur

abondance et leur position clé dans l'écosystème.

### Un débat qui implique l'homme

En parallèle à ces approches scientifiques, une réflexion s'engage depuis quelques années sur les attentes sociales vis-à-vis de la qualité des écosystèmes qui remet en débat la notion de bioindication.

À Montpellier, des sociologues s'interrogent sur la perception de la qualité des milieux des différents usagers de l'eau, car ces derniers participent aux côtés des scientifiques, au débat de la qualité des milieux aquatiques en France. Il en est de même des forêts ou des prairies dont l'aménagement doit concilier biodiversité et services rendus, depuis la qualité des paysages à la production de biomasse ou à la régulation du cycle de l'eau. ■

### Les déterminants sociaux des indicateurs de qualité des eaux

■ *Témoignage de Gabrielle Bouleau, Montpellier*

Les recherches en écologie mettent en évidence des différences notables et quantifiables d'états de la nature. Certaines de ces différences sont jugées utiles par des gestionnaires pour porter un jugement objectif et établir des priorités à leur échelle, comme la France ou l'Europe. Tout système de notation sélectionne ses critères pour satisfaire des objectifs et des contraintes de gestion. On peut ainsi traduire la qualité d'un cours d'eau par une note. Mais, un tel chiffre correspond-il aux attentes locales des usagers, riverains, promeneurs ou observateurs de la nature ?

*Revoir frayer le saumon dans les rivières, une utopie ou un objectif ?*



H. Carmie

Certaines différences qui n'ont pas été jugées significatives par les gestionnaires peuvent en revanche être perçues par d'autres acteurs comme essentielles, parce qu'elles sont liées à des valeurs morales et à leur vécu. La présence d'espèces, comme le saumon ou le castor, l'emportera par exemple sur les valeurs de référence données par les indices. Notre équipe s'intéresse aux différences de perception qui sont source de conflits, notamment quand il s'agit de prendre en considération des espèces emblématiques. Il s'agit de comprendre la mobilisation sociale autour de ces singularités menacées.