



Appui aux politiques publiques



RÉPUBLIQUE  
FRANÇAISE

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

**INRAE**

**Science et directive-cadre sur l'eau  
20 ans de recherche en hydrobiologie pour le bon état  
écologique des milieux aquatiques**



© Catherine Tailleux, INRAE

La directive-cadre sur l'eau : une vingtaine d'années pour rétablir le bon état des masses d'eau.

#### DANS CE DOSSIER

- PAGE 3** La DCE : une politique publique exigeante en connaissances
- PAGE 4** Des bases méthodologiques pour aller vers la bioindication choisies en concertation
- PAGE 6** Le vivant : « un thermomètre sensible à l'état du milieu »
- PAGE 11** De l'état physico-chimique et hydro-morphologique à l'état écologique
- PAGE 13** De la recherche à l'appui aux politiques publiques : entre exigence scientifique et pragmatisme de l'action
- PAGE 15** Bilan et perspectives 2027 : l'histoire continue

Dossier préparé par Gisèle Parfait et Roxane Jupin de la DAPP et Christine Argillier (correspondante appui aux politiques publiques du département AQUA).

Photo de couverture : © Yves Souchon, INRAE

Janvier 2021

## Science et directive-cadre sur l'eau 20 ans de recherche en hydrobiologie pour le bon état écologique des milieux aquatiques

*Rétablir le bon état des masses d'eau européennes en une vingtaine d'années, c'est le défi lancé en 2000 par la directive-cadre européenne sur l'eau (DCE) aux États membres. Les connaissances manquant alors pour sa mise en œuvre, la Direction de l'eau et de la biodiversité (DEB) du ministère de l'Environnement et l'Office national de l'eau et des milieux aquatiques (Onema) concluent dès 2007 une collaboration d'envergure avec plusieurs organismes de recherche. Du fait des recherches menées en hydrologie, biologie et écologie, le Cemagref/Irstea et l'INRA, aujourd'hui INRAE, comptent parmi les premiers partenaires. Si le travail se poursuit pour atteindre l'objectif de bon état écologique, les apports de la science pour la mise en œuvre de cette politique publique environnementale, aussi novatrice qu'ambitieuse, sont d'ores et déjà conséquents. Retour sur 20 ans de collaboration entre la recherche française et les services de l'État.*

Le 23 octobre 2000, le Parlement et le Conseil européens adoptent la directive-cadre sur l'eau (DCE), une politique publique environnementale novatrice à bien des titres. Son objectif : freiner la dégradation des milieux aquatiques continentaux et restaurer le bon état des masses d'eau. Un défi d'envergure auquel les opérateurs publics n'auraient pu répondre sans le concours des scientifiques.

En 2006, la loi sur l'eau et les milieux aquatiques (Lema) transcrit la DCE à l'échelle nationale. La collaboration qui lie le ministère de l'Environnement et la Recherche prend alors une nouvelle ampleur à travers la signature d'un accord-cadre et de plusieurs conventions entre la DEB, l'Onema, opérateur du ministère de l'Environnement devenu l'AFB puis l'OFB, et le Cemagref, devenu

Irstea en 2012, puis INRAE en 2020. Il en va de même à l'INRAE. D'autres organismes, tels que le BRGM, Ineris et l'Ifremer signent également des accords-cadres relatifs aux masses d'eaux souterraines et littorales. Un engagement sur le long terme qui doit permettre de contribuer, d'une part à la mise en place d'un système de suivi, et d'autre part à l'élaboration d'indicateurs de qualité. Pour se faire,

nombre de disciplines sont convoquées, de l'hydrologie à l'écologie en passant par les statistiques et la sociologie, la science en appui aux politiques publiques étant aussi une histoire humaine.

Les agences de l'eau, qui assurent la gestion des hydrosystèmes à l'échelle

des bassins sont dès l'origine des partenaires clés de la collaboration grâce aux données qu'elles collectent et aux documents techniques de planification (SDAGE) qu'elles rédigent. Ceux-ci compilent les actions à mettre en place dans chaque bassin pour atteindre les objectifs fixés par la DCE.

## ➤ La DCE : une politique publique exigeante en connaissances

Avec l'entrée en jeu de la directive, il ne suffit plus que la qualité physico-chimique de l'eau soit satisfaisante pour déclarer le « bon état » d'un milieu aquatique. Il faut également que l'ensemble des êtres vivants de ce milieu, les biocénoses, en témoignent. En plaçant la biologie au cœur de l'évaluation de l'état écologique des milieux aquatiques, la directive emprunte une voie nouvelle pour le champ de la bio-indication en France.

Par l'introduction d'une approche systémique, la DCE pose nombre de défis scientifiques : mieux comprendre l'écologie des espèces vivant sur un même territoire ou leurs communautés ; mieux comprendre le fonctionnement des écosystèmes soumis à de multiples pressions et leur dynamique ; fournir des méthodes et outils capables d'intégrer la complexité des systèmes écologiques. Certains de ces points relèvent d'ailleurs encore du défi scientifique face aux changements globaux.

### CRÉER UN MAILLAGE ENTRE LES SERVICES DE L'ÉTAT ET LA RECHERCHE

Déjà connu aux États-Unis, au Canada, en Australie et en Nouvelle-Zélande, mais encore jamais utilisé pour penser la qualité de l'environnement et des milieux aquatiques en Europe, le principe de bio-indication retenu par la DCE apporte à la science de nouvelles questions : qu'entend-on par « bon état écologique » des masses d'eau ? Par rapport à quel état de référence l'évaluer ? Comment échantillonner les organismes pour construire les

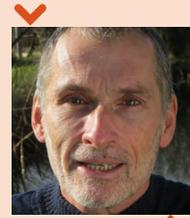
bio-indicateurs ? Quels bio-indicateurs pour rendre compte de l'impact de toutes les pressions ? Comment évaluer le degré d'incertitude associé à chaque indicateur ? Et bien d'autres encore... Pour y répondre, les services de l'État, ses établissements publics et les scientifiques s'engagent rapidement et conjointement sur la durée.

Les équipes du département Gestion des Milieux aquatiques du Cemagref capitalisent ainsi dès 2000 leurs connaissances en hydrologie, biologie et écologie et proposent une offre de recherche collective à la Direction de l'eau du ministère chargé de l'Environnement.

En 2001, les scientifiques intègrent les groupes nationaux mis en place par le ministère tels que le groupe Évaluation des eaux de surface continentales. En 2003 se crée le groupement d'intérêt scientifique Plans d'eau associant l'INRAE, le Conseil supérieur de la pêche (CSP), futur Onema, et le Cemagref.

Parallèlement, une cellule consacrée à la DCE voit le jour à Lyon. Elle deviendra en 2008 le pôle commun Hydroécologie cours d'eau, structure originale regroupant en son sein des scientifiques du Cemagref et des chargés de mission de l'Onema. En 2010, le pôle Hydroécologie plan d'eau est créé à Aix-en-Provence sur le même modèle.

Enfin, le consortium Aquaref, regroupant 5 organismes scientifiques (BRGM, Ineris, Cemagref, Ifremer, LNE, Onema) est créé en 2007 avec le soutien de l'Onema. Son objectif : coordonner les développements méthodologiques

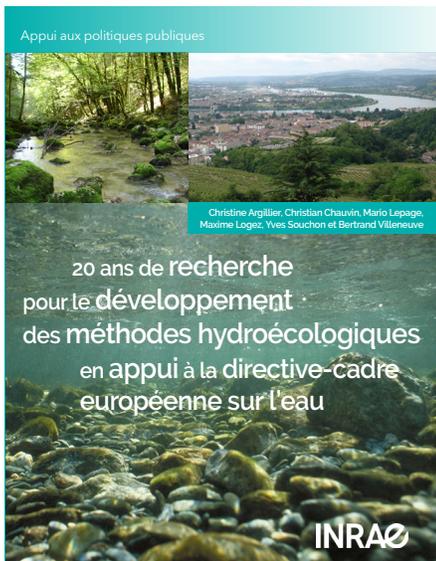


**Stéphane Stroffek**  
Chef du service méthodes, études et prospective à l'agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse

« Les agences de l'eau sont responsables de la production des données DCE à l'échelle des bassins, en partenariat avec les Dreal et l'OFB. Lorsque la DCE est arrivée nous étions presque prêts, car depuis la loi de 1964, la gestion des eaux en France est structurée par grands bassins. Nous avons déjà des programmes de surveillance et les missions de planification, mais il a toutefois fallu, par exemple, intégrer un spectre beaucoup plus large d'indicateurs pour tous les milieux, avec un objectif de résultat et une échéance. Il y avait urgence. Les scientifiques nous ont apporté beaucoup dans différents domaines : la bioindication, la délimitation des masses d'eau et les altérations du fonctionnement et de l'état des milieux liées aux pressions dues aux activités humaines. Au moment de monter un programme de recherche avec les scientifiques, il est très important de s'entendre sur les objectifs. Même si la valorisation des résultats relève du gestionnaire, la co-construction des projets entre les gestionnaires et les chercheurs garantit une bonne utilisation des résultats scientifiques. Au final, la DCE a boosté la restauration des milieux aquatiques, même s'il faudra encore un peu de temps pour observer, à grande échelle, les effets d'une restauration plus globale des milieux. »

en hydrobiologie et accompagner les opérateurs.

Ainsi, ce programme de recherche a-t-il mobilisé d'importants moyens humains pour atteindre, au plus gros de l'activité de recherche, quelque 35 équivalents temps plein annuels (20 chercheurs permanents et 15 contractuels). Toutes les unités de recherche en hydrobiologie de l'ex-Cemagref ont été mobilisées (Aix-en-Provence, Antony, Bordeaux, Lyon, Montpellier), ainsi que quelques unités de l'ex-INRA (Rennes et Thonon-les-Bains).



Ce document rédigé par 6 scientifiques d'INRAE fait la synthèse des actions menées en appui aux autorités publiques pour la mise en œuvre de la directive-cadre européenne sur l'eau en France. [Téléchargeable sur HAL.](#)



**Olivier Monnier**  
Chargé de mission  
Biodiversité  
aquatique  
en outre-mer  
à l'OFB

« Appliquer la DCE en outre-mer présentait et présente toujours des difficultés du fait d'une méconnaissance de la biologie et de l'écologie des espèces ultramarines et de moyens pour financer la politique de l'eau arrivés plus tardivement qu'en métropole. D'un point de vue scientifique, toutes les disciplines ne sont pas présentes dans les DOM. Il a donc fallu croiser les compétences d'une vingtaine d'établissements locaux et de métropole, tels que les universités de la Réunion et des Antilles, les offices de l'eau, l'IRD, le CNRS, INRAE, le MNHN, ainsi que des bureaux d'études pour compenser le retard de connaissances et répondre au besoin d'indicateurs spécifiques aux conditions tropicales. En effet, certaines particularités du terrain imposaient d'adapter les outils existants, et d'autres de repenser totalement les outils, comme c'est le cas pour les récifs coralliens. Nous avons finalement élargi le spectre des données étudiées à l'échelle mondiale pour répondre à nos besoins français. »

L'investissement financier fut également conséquent<sup>2</sup> et permis le développement de recherches finalisées qui totalisent à ce jour près de 20 ans d'implication des équipes dans des

<sup>1</sup> Sur les quelques 85 millions d'euros qu'ont coûté les recherches d'Irstea en appui à la DCE, près de 30 % correspondent à des subventions versées par l'Onema.

travaux à l'interface entre la Science et la Gestion.

Au final, grâce à cet investissement humain et financier, les outils opérationnels de couverture nationale, harmonisés au niveau européen, ont été implémentés dans les délais impartis, conformément aux exigences de la Commission européenne.

## ➤ Des bases méthodologiques pour aller vers la bioindication choisies en concertation

L'approche systémique à laquelle invite la DCE et l'urgence de ses échéances entraînent pour sa mise en œuvre un important effort collectif fondé sur une dynamique de concertation, une démarche itérative avec un réajustement pertinent des actions au regard des résultats. Une concertation sur la durée se met donc en place entre scientifiques, services chargés de l'application de la directive et agences de l'eau chargées de la gestion des milieux aquatiques.

### LA BANCARISATION DES DONNÉES : PIERRE ANGULAIRE DES RECHERCHES

Les recherches en hydrobiologie pour la DCE nécessitent une grande

quantité de données biologiques et environnementales sur l'ensemble des cours d'eau, plans d'eau, eaux de transition, eaux littorales, et nappes souterraines. La bancarisation des données hydrobiologiques déjà recueillies depuis plusieurs années par divers opérateurs, scientifiques, agences de l'eau, fédérations et associations de pêche, est donc nécessaire. S'y ajoutent les données acquises dans les nouveaux réseaux au fur et à mesure de leur mise en place, et ce pour tous les types de masses d'eau de surface. Des protocoles de contrôle et de validation de certaines de ces données ont été développés, le tout référencé dans le Schéma national des données sur l'eau (SNDE).

### La directive-cadre européenne sur l'eau (DCE)

Pour atteindre le bon état écologique des milieux aquatiques, la DCE repose sur une gestion de l'eau conduite à l'échelle des grands bassins hydrographiques européens. Elle introduit une procédure dynamique de type « gestion adaptative » consistant à évaluer, diagnostiquer et hiérarchiser les pressions qui s'exercent sur les milieux aquatiques.

Les objectifs de bon état sont fixés à la plus petite échelle, celle des « masses d'eau », qui correspondent à des portions homogènes de cours d'eau, plans d'eau, eaux de transition, eaux côtières et nappes souterraines.

Un programme de surveillance décrit le dispositif de suivi de l'état des milieux. Les données relevées dans le cadre de ce programme font l'objet d'un « rapportage » régulier à la Commission européenne.

L'objectif : définir, d'une part un plan de gestion par bassin qui fixe les objectifs environnementaux, et d'autre part un programme de mesures qui définit les actions à mettre en place pour atteindre ces objectifs.

Plan de gestion, programme de mesures et programme de surveillance sont réexaminés tous les 6 ans. Ils reposent sur un arsenal d'outils et de méthodes également nécessaires à la mise en place des réseaux de surveillance et du réseau de référence pérenne, clé de voûte de la gestion adaptative. En France, les représentants des acteurs du bassin versant participent à cette démarche au sein d'instances de concertation et de décision qui sont les « comités de bassin ».

Depuis novembre 2016, les référentiels taxinomiques, essentiels à la conformité et la stabilité des évaluations, sont quant à eux regroupés dans la bio-indication fonctionnelle, conçue pour les différents bio-indicateurs à partir du modèle des taxons des macrophytes.

## QUADRILLER LE RÉSEAU HYDROGRAPHIQUE POUR RECUEILLIR DES DONNÉES ET ÉVALUER L'ÉTAT DES EAUX

Suivre l'état écologique de l'ensemble du réseau hydrographique français supposait de le découper en « masses d'eau », tronçons homogènes du point de vue de certaines caractéristiques physiques et environnementales : relief, géologie, climat ou encore débit ; autant de variables qui président à la répartition géographique des organismes biologiques.

Au total, 11 414 masses d'eau ont été identifiées, dont 10 706 pour les seuls cours d'eau.

Les masses d'eau côtières et de transition ont été définies suivant le même raisonnement pour un total de 179 masses d'eau côtières et 94 masses d'eau de transition.

Pour les plans d'eau pris en compte par la DCE, dont la plupart ont une surface de plus de 50 hectares, la masse d'eau correspond généralement au plan d'eau dans son ensemble. Un total de 435 plans d'eau a été établi, dont 6 situés dans les départements et régions d'outre-mer<sup>2</sup>.

Ces masses d'eau ont ensuite été regroupées en grands types au regard de leur fonctionnement écologique. Les 22 hydroécorégions identifiées par les scientifiques avant les années 2000 ont servi de base à l'élaboration de la typologie nationale des cours d'eau et plans d'eau. Pour les estuaires, outre la région, ce sont les critères de taille et de salinité qui ont été retenus.

En France, ce sont ainsi 124 types de cours d'eau qui ont été identifiés, 31 pour les plans d'eau (12 naturels et 19 d'origine anthropique) et 26 pour

les eaux côtières et 12 pour les eaux de transition<sup>3</sup>.

Le principal enjeu de cette typologie est la définition des conditions de référence à partir desquelles sont établis les états écologiques et leur classification (écarts à la référence). Il est particulièrement important pour les références biologiques, car indépendamment des problèmes de pollution ou d'altérations des habitats, la répartition géographique des organismes (invertébrés, poisson, diatomées, macrophytes...) est d'abord liée à des facteurs naturels.

## L'ÉCHANTILLONNAGE : UNE ÉTAPE CLÉ DU DÉVELOPPEMENT DES BIO-INDICATEURS

Le phytoplancton, les macrophytes, les diatomées, les macroinvertébrés, les poissons et l'hydromorphologie ont servi à construire les bio-indicateurs spécifiques aux cours d'eau, plans d'eau et estuaires. Afin d'assurer la viabilité des données, leur recueil suit une méthode standardisée et applicable à l'échelle nationale, adaptée des méthodes classiques. Un compromis entre qualité et précision de l'information, reproductibilité et coût de la mise en œuvre a été établi. Un travail laborieux, mais payant pour la suite.

## À QUEL ÉTAT SE RÉFÉRER POUR ÉVALUER LE « BON ÉTAT ÉCOLOGIQUE » ?

Pour qualifier l'état des eaux comme « très bon, bon, moyen, médiocre ou mauvais », encore faut-il pouvoir le comparer à un état de référence, base de l'évaluation de l'état écologique et de détermination de l'objectif de bon état. Mais comment définir cet état ? Quelle référence choisir ? Convient-il de se reporter à des références historiques ? Faut-il différencier les milieux naturels des systèmes anthropisés ? En France, les scientifiques ont interprété le « bon état » comme l'état observable sur les « masses d'eau peu impactées par les pressions anthropiques ».

<sup>3</sup> Ministère de l'Écologie, Circulaire DCE 2005/11 relative à la typologie nationale des eaux de surface, 2005



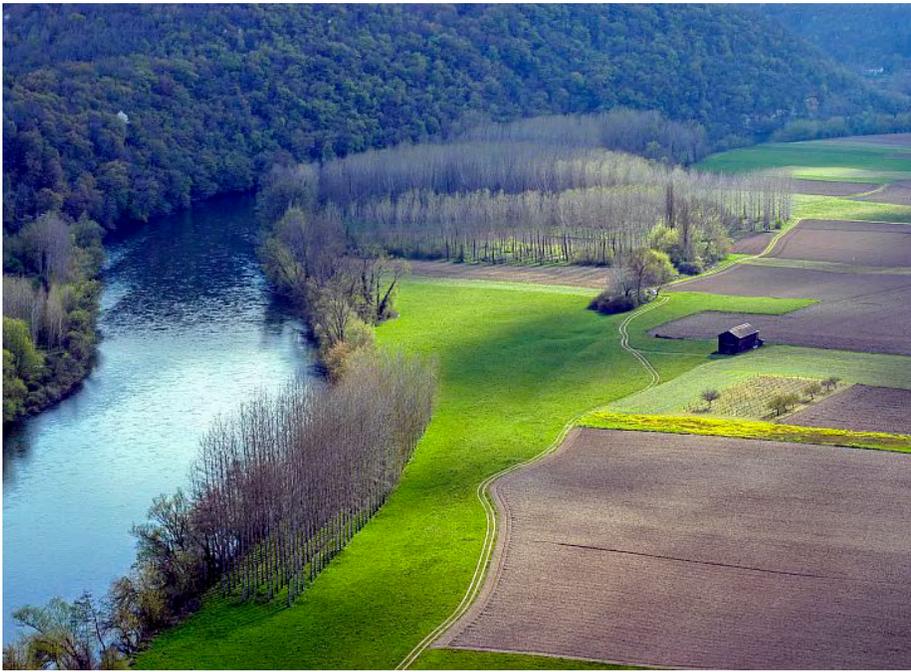
**Yves Souchon**  
Directeur de recherche émérite, ancien responsable du Laboratoire d'Hydroécologie quantitative, INRAE

« Un pôle de recherche-études pluridisciplinaire a été mis en place à Lyon en 2008 regroupant écologues, géomorphologues, géographes, statisticiens, gestionnaires de bases de données et opérateurs des systèmes d'informations géographiques. Au sein de ce type de groupe, peu commun dans les organisations de recherche académique, la règle de base a été celle du partage de l'information et des questions en temps réel entre tous les membres du pôle. C'est finalement ce système, basé sur la collaboration avec partage d'une ambition commune et des relations non hiérarchiques qui nous a permis d'établir une cohésion forte.

Pour mettre la science en appui aux politiques publiques, le rôle de l'Institut de recherche est toujours primordial. Il faut que celui-ci affiche l'activité comme une mission à part entière, complémentaire et tout aussi noble que la recherche fondamentale : jouer toujours la même note ne permet pas de faire une symphonie. Il ne faut pas oublier le reste de la gamme, ni que la publication n'est pas l'unique objet de l'action de recherche. Ce système permet également d'assurer une formation mobilisant plusieurs compétences, formation qui est indispensable pour accompagner une politique publique novatrice.

Ensuite, pour qu'une collaboration avec les commanditaires fonctionne bien, il est primordial que chacun respecte les missions qui lui sont assignées dans un climat de confiance. La DCE mobilise une multiplicité d'acteurs, l'État et ses services déconcentrés, office national, agences de l'eau, scientifiques, qui doivent chacun exercer leurs compétences. Plus une méthode est complexe, sensible et nouvelle, plus elle est difficile à mettre au service d'une politique publique et à faire adoptée. Il faut alors trouver le bon positionnement entre exigence scientifique et adhésion opérationnelle : aux scientifiques la proposition des outils et aux gestionnaires la stratégie de leur usage et de leur intégration au regard des enjeux nationaux et de rapportage européen ».

<sup>2</sup> Adeline Blard-Zakar (AFB) ; Janik Michon (AFB), Rapportage 2016 des données au titre de la DCE, 2018



Un réseau d'environ 300 sites de référence des cours d'eau a été mis en place d'après cette approche et validé par les experts hydrobiologistes des directions régionales de l'Environnement (DIREN).

Pour les plans d'eau et les estuaires, la sélection des sites de référence s'est révélée complexe, car les milieux sélectionnés étaient peu représentatifs de la diversité des types de masses d'eau. Il a donc souvent été nécessaire de recourir à la modélisation.

Une fois établi, le réseau de sites a fourni les données nécessaires au calcul des valeurs de référence des bio-indicateurs.

Cette démarche a été portée et défendue auprès des instances européennes.

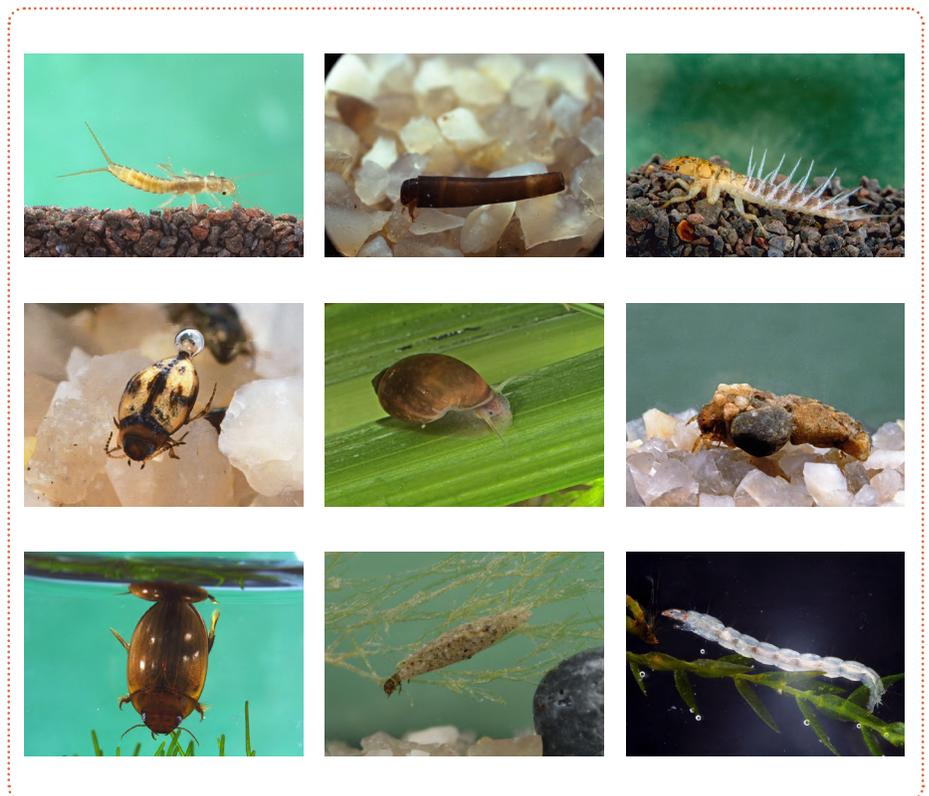
Les multiples pressions qui s'exercent sur les masses d'eau nécessitent des outils d'évaluation complexes.

## ➤ Le vivant : un « thermomètre » sensible à l'état du milieu

Le développement des bio-indicateurs a fortement mobilisé les chercheurs comme en témoignent les nombreuses publications et thèses produites, ainsi que les recrutements nécessaires. La connaissance du fonctionnement des milieux aquatiques et de leurs biocénoses a beaucoup progressé. Il n'est pas possible d'en relater ici tous les résultats ; nous renvoyons pour cela le lecteur à la littérature scientifique et technique.

### VERS DES BIO-INDICATEURS PRÉCIS ET SENSIBLES

En France, avant les années 2000, trois indices étaient utilisés pour qualifier l'état des cours d'eau : l'indice biologique global normalisé (IBGN) basé sur les macro-invertébrés, l'indice biologique diatomées (IBD) basé sur les diatomées, et l'indice poisson rivière (IPR). Sur les plans d'eau, l'indice phytoplancton (IPL), l'indice oligochètes (IOBL) et l'indice mollusque (IMOL) rendaient rapidement compte de la qualité des milieux. Ces



Les macroinvertébrés sont un des 4 éléments de qualité biologique utilisés dans l'évaluation de l'état biologique des milieux aquatiques.



### Trois questions à Bénédicte Augeard

Cheffe du Département Recherche, développement, innovation de la recherche  
Office français de la biodiversité



**L'Onema, devenu  
l'OFB aujourd'hui,  
a été créé pour accompagner la mise  
en place de la DCE avec un grand  
besoin de connaissances nouvelles.  
Quels étaient ces besoins ?**

En effet l'Onema, devenu l'agence française pour la biodiversité en 2017, puis l'office français de la biodiversité (OFB) en 2020, était un établissement public créé par la loi sur l'eau et les milieux aquatiques de 2006 pour accompagner la Direction de l'eau et de la biodiversité du ministère en charge de l'Environnement, notamment dans la mise en place de la directive-cadre européenne sur l'eau (DCE) de 2000.

La mise en application de la DCE en France a fait émerger de très nombreuses questions de recherche. En effet, la DCE donnait un cadre assez précis pour surveiller, évaluer et agir afin d'améliorer l'état des eaux : définir des types de masses d'eau (cours d'eau, lacs et estuaires, eaux littorales, eaux souterraines) comme échelle de travail, identifier les hydroécotones, les conditions de référence, développer des indicateurs pour qualifier par exemple l'état écologique à partir des poissons, des invertébrés, des algues... Dans ce cadre, beaucoup de questions se posaient : comment construire un bio-indicateur à partir de ces compartiments biologiques ciblés ? Quelles mesures effectuer ? Pour évaluer les impacts de quelles activités humaines ?

Quelles références et quels seuils utiliser pour ces indicateurs ? Comment prioriser les mesures concrètes à prendre et évaluer leurs effets ?...

Les principaux besoins de recherche pour la mise en œuvre de la DCE concernaient non seulement la qualification de l'état écologique des milieux, mais également celle de l'état chimique des eaux. À cette qualification s'attachaient d'une part des enjeux de métrologie et d'évaluation de l'écotoxicologie des substances, et d'autre part d'établissement d'une relation entre les pressions, les activités humaines et leurs impacts sur les organismes. Par ailleurs, les politiques publiques sur la gestion quantitative de l'eau ont également eu besoin de connaissances sur la sécheresse et les étiages. Les sciences humaines et sociales ont été utiles pour accompagner la réflexion sur les mesures mises en place, sur les aspects économiques et sociaux, la participation des acteurs...

Dans ces différents domaines, l'objectif était de développer des outils nationaux robustes dont certains ont d'ailleurs été intégrés dans la réglementation.

Dans les départements d'outre-mer, les besoins de connaissances étaient encore plus grands qu'en métropole. Les moyens de recherche étaient plus faibles et dispersés. Très peu de données étant disponibles, il fallait les acquérir sur le terrain.

Au nom du ministère, l'Onema a consacré d'importants moyens pour soutenir des recherches orientées vers les politiques publiques. Concernant les eaux continentales de surface, le Cemagref, devenu Irstea, puis INRAE aujourd'hui, a joué un rôle central du fait de son historicité sur le sujet, même si d'autres instituts de recherche y ont

également contribué, l'ex-INRA et l'université de Lorraine notamment.

### **Les résultats scientifiques ont-ils satisfait les besoins de l'action ?**

Globalement, oui. Les chercheurs se sont fortement impliqués pour rassembler les données existantes, comprendre le cadre de la directive, échanger avec les gestionnaires de l'eau (Onema, ministère, DREAL et agences de l'eau) et développer les méthodes d'évaluation ou les outils attendus. Lorsque les outils sont passés dans l'opérationnel, ils se sont également mobilisés pour assurer l'accompagnement via des guides, des séminaires, des formations ou encore des dispositifs comme Aquaref. Ces échanges chercheurs-gestionnaires tout au long des projets sont un vrai atout pour garantir l'opérationnalité des résultats de recherche.

Ces travaux ont permis à beaucoup de chercheurs de progresser dans leur compréhension des processus écologiques et de valoriser les résultats dans des publications académiques. La bio-indication est une question complexe qui exige une bonne connaissance de l'écologie des milieux, de la sensibilité des espèces aux pollutions et aux habitats, des interactions entre les espèces, et de questionner les trajectoires évolutives des écosystèmes. Le travail sur des masses de données issues de la surveillance de la DCE peut faire ressortir des relations qu'il s'agit ensuite de bien caractériser.

D'autres avancées ont été faites avec l'INRA, INRAE aujourd'hui, sur le lien entre pratiques agricoles et pollutions diffuses de l'eau, sur les approches quantitatives de l'usage de l'eau ou encore sur des méthodes nouvelles de surveillance avec l'utilisation de l'ADN environnemental qui permet des diagnostics plus rapides.

Cependant, tous les outils développés n'ont pas pu être utilisés. Au fur et à mesure de la mise en place du réseau de surveillance et des connaissances produites par la recherche, nous disposons d'outils de plus en plus précis,

mais qui dégradent la note générale d'état des masses d'eaux, masquant les efforts faits pour rétablir le bon état, et entraînant un risque de découragement afférant pour les gestionnaires. Ainsi, l'indicateur poisson rivière historique, l'IPR, avait été amélioré dans sa version IPR+, devenant un outil de diagnostic puissant. En revanche, il n'a pas été inscrit dans la réglementation, sa sensibilité était telle qu'il déclassait trop l'état des masses d'eau. Il était compliqué pour les gestionnaires de l'eau d'afficher une dégradation aussi importante de l'état écologique des masses d'eau sans lien avec une augmentation des facteurs explicatifs. Cet indicateur est donc plutôt utilisé pour des diagnostics ponctuels.

### **Les politiques publiques ont-elles besoin de la science ?**

Bien sûr, les travaux discutés ci-dessus le montrent pour la DCE. Des questions similaires se posent aujourd'hui pour la mise en œuvre de la directive-cadre européenne stratégie pour le milieu marin, la DCSMM : comment mettre en place un dispositif de surveillance, développer des descripteurs de l'état écologique du milieu marin, définir des objectifs et des mesures de gestion... La recherche est là aussi très attendue. Cela exige d'être conscient de ce que l'on sait et de ce que l'on ignore encore et de savoir expliquer les incertitudes...

Il faut pour autant bien distinguer l'approche scientifique, ses résultats, et l'usage qui va en être fait pour l'action par les parties prenantes. Ainsi, travailler avec les chercheurs en écologie ou sciences de l'eau enrichit la réglementation, mais celle-ci ne se pense pas seulement à partir des acquis scientifiques et intègre bien d'autres enjeux sociétaux pour assurer son applicabilité.

Au-delà des besoins des politiques publiques, les scientifiques ont aussi un rôle à jouer pour éclairer les autres acteurs de la société, entreprises, ONG et citoyens, qui sont aussi concernés par les questions de gestion de l'eau et de l'environnement. Le dialogue avec la société doit être encouragé pour faire connaître les enjeux et faire bouger les lignes.



## Trois questions à

**Laurent Roy**

Directeur général de l'agence de l'eau RMC (Rhône-Méditerranée-Corse)  
Ancien Directeur de l'eau et de la biodiversité au MTE (ministère de la Transition économique) de 2012 à 2015  
Ancien DREAL PACA



**À la mise en place de la DCE dans les années 2000, vous avez dirigé trois structures publiques du ministère de l'Environnement : la Dreal PACA, la DEB et aujourd'hui l'agence de l'eau RMC. Quels étaient les besoins de connaissances, en particulier en bio-indication ?**

La DCE donne une obligation de résultat, celui de ramener les masses de résultat, celui de ramener les masses d'eau au bon état au plus tard à l'échéance de 2027. La direction générale Environnement de la Commission européenne demandaient aux États membres de mettre notamment en place un système d'évaluation de l'état des eaux continentales de surface. Pour ce faire, nous avons besoin d'outils pour lier les pressions et l'état des milieux, le tout documenté, robustes, et renseignés au moins tous les 6 ans à chaque cycle d'évaluation.

Quand la DCE a été mise en place dans les années 2000, nous ne partions pas de rien en France : le système de gestion des eaux par grands bassins hydrographiques était déjà en place, nous bénéficions d'une loi sur l'eau exigeante au niveau environnemental depuis 1992, et les recherches en écologie aquatiques étaient déjà bien lancées par plusieurs équipes. À l'époque, étaient utilisés en France un bio-indicateur pour les macro-invertébrés, l'indice biologique général (IBGN) un indice

poisson en rivière (IPR), ainsi qu'un indice basé sur les diatomées (IBD) qui sont des algues microscopiques. Les DREAL jouaient un rôle important pour l'évaluation de l'état des eaux grâce à leurs laboratoires d'hydrobiologie.

Il a toutefois fallu faire évoluer tous ces outils et connaissances pour répondre aux objectifs de la DCE, en particulier disposer d'indicateurs biologiques sensibles aux pressions pour pouvoir prioriser et cibler les actions au mieux. Nous manquions encore largement de connaissances sur ce point.

La DEB et l'Onema, son opérateur créé en 2007 par la loi sur l'eau (Lema), les Dreal, le monde de la recherche et les agences de l'eau ont conjugué leurs efforts pour produire des connaissances nécessaires à l'action.

Doté de moyens conséquents et avec le soutien technique et financier des agences de l'eau, l'Onema a construit et financé des conventions de recherche sur l'ensemble des besoins, eaux de surface, eaux souterraines, risques... avec les organismes de recherche finalisée, dont le Cemagref qui s'était engagé dans l'hydrobiologie et les hydroécotémoins depuis des années. Dotées ainsi de moyens financiers conséquents, les recherches sur la bio-indication ont pu s'intensifier.

**Quelles sont les contraintes de produire des connaissances pour l'application d'une politique publique telle que la DCE ?**

Les outils doivent être performants et sensibles aux pressions. Au fil des recherches ils se sont améliorés, mais le système d'évaluation de l'état des eaux fixé par la DCE est problématique : il suffit qu'un facteur soit en état moins que « bon » pour que l'état de la masse d'eau soit déclassé (principe « one out

*all out* »). Cette manière de procéder conduit à masquer les progrès accomplis et confère une grande inertie à l'évaluation de l'état.

Des tensions ont dès lors pu émerger entre la recherche d'indicateurs les plus pertinents possible et les exigences opérationnelles de mesurer et montrer les progrès obtenus grâce à la mobilisation des acteurs de l'eau.

La DEB était donc placée entre la production scientifique faite par l'Onema, puis Irstea, la Commission européenne et ses exigences d'un dispositif d'évaluation couvrant au mieux tous les champs, et les services opérationnels que sont les services de l'État (dont les Dreal) et les agences de l'eau, financeurs exclusifs du dispositif. Il s'est alors agi de trouver un compromis qui réponde aux différentes exigences.

Aujourd'hui directeur d'agence de l'eau, je dirais que bon nombre de paramètres se sont incontestablement améliorés, même si les outils intégrateurs d'évaluation du bon état masquent ces progrès réels. Ainsi, on trouve par exemple 20 fois moins d'ammonium, ce témoin des pollutions « domestiques », dans les rivières du bassin Rhône-Méditerranée aujourd'hui qu'en 1990. La toxicité moyenne des métaux, marqueurs des pollutions industrielles, a quant à elle été divisée par 6.

La surveillance de l'état des eaux s'est également considérablement perfectionnée, avec beaucoup plus d'analyses réalisées, de paramètres suivis et des progrès constants dans l'estimation du lien entre les pressions et le fonctionnement des milieux. L'amélioration de la biologie des cours d'eau commence ainsi à se faire sentir depuis 5 à 6 ans si l'on en juge l'indicateur invertébrés I2M2.

La science a énormément apporté pour mettre en place tous ces indicateurs et comprendre les liens entre les activités humaines et l'état des milieux. L'écologie fonctionnelle des cours d'eau et plans d'eau est indispensable pour avancer dans la compréhension et le choix des mesures à prendre.

### **Y a-t-il encore des besoins de recherche ?**

Nous avons au moins trois nouveaux défis devant nous : 1/ la question de la quantité, avec le changement climatique qui va de plus en plus accroître la tension sur la ressource en eau, 2/ la question de la pollution diffuse par une multitude de substances chimiques, dont les effets « cocktails » sont mal connus, et 3/ les pressions sur la morphologie des cours d'eau et leur artificialisation, qui est très dommageable à leur bon état. Les effets des mesures dans ce domaine sont progressifs, les gestionnaires sont impatients et notre comité de bassin nous demande des retours sur investissement.

Je note un fort « appétit » de nos instances de bassin pour la connaissance et la science, un désir d'en savoir plus, de comprendre. Nous avons mis en place plusieurs lieux de rencontres qui permettent une acculturation réciproque et facilitent les compréhensions mutuelles. La prochaine étape, à laquelle nous invite d'ailleurs l'expérience récente de la Covid-19, sera le rapprochement avec le grand public qui a découvert avec une certaine sidération la science avec ses doutes et ses controverses, ses inconnues, déstabilisant pour lui, mais une réalité.

Les décideurs et législateurs ont besoin des scientifiques pour agir et les scientifiques doivent contribuer à la décision publique, sans se substituer aux décideurs.

## HARMONISATION EUROPÉENNE : LE DÉFI DE L'INTERCALIBRATION

Chaque État membre développant ses propres méthodes d'évaluation de l'état des milieux aquatiques, une phase d'harmonisation, appelée intercalibration, s'est imposée. Il fallait par exemple pouvoir comparer les résultats obtenus pour les milieux aquatiques alpins ou méditerranéens par les pays limitrophes. Ainsi, le meilleur « compromis » a-t-il été recherché pour chaque bio-indicateur afin d'assurer une évaluation harmonisée de l'état écologique des masses d'eau comparables d'un point de vue environnemental et physique et appartenant à une même zone géographique.

Cette période d'intercalibration fut intense en concertations, d'une part car les bio-indicateurs et les facteurs de stress mesurés divergeaient fortement d'un pays à l'autre, et d'autre part parce que le calage de la méthode d'intercalibration s'est lui-même construit « en marchant ». L'exercice n'est d'ailleurs pas terminé.

bio-indicateurs ne répondaient cependant que partiellement aux exigences environnementales de la DCE. En effet, certains ne couvraient pas tous les critères requis : densité, diversité, abondance des taxons sensibles... D'autres ne permettaient pas d'évaluer tous les types de masses d'eau, ou ne mesureraient pas réellement un écart aux conditions de référence non ou peu perturbées.

Le développement de nouveaux bio-indicateurs pour tous les compartiments biologiques et l'ensemble des masses d'eau s'est donc imposé. Il a mobilisé des compétences en biologie et écologie, en statistiques, en analyse de données et en modélisation.

Les méthodes mises en œuvre ont varié d'un bio-indicateur à l'autre en fonction des données disponibles, des acquis des équipes et des contraintes inhérentes aux contextes. Le défi était notamment de démontrer la capacité des indicateurs biologiques à qualifier les écosystèmes aquatiques plus finement que la physico-chimie et la toxicologie, et à établir une relation forte

et statistiquement significative entre les pressions physico-chimiques, hydrologiques ou liées à la dégradation de l'habitat physique et les différentes caractéristiques des communautés.

Des méthodes d'évaluation ont ainsi été développées pour les 3 types de masses d'eau continentales de surface et un indicateur construit pour chacune d'elles à partir des groupes végétaux ou animaux requis par la DCE : phytoplancton (IPLAC), macrophytes (IBMR et IBML), diatomées (IBD), invertébrés (I2M2) et ichtyofaune (IPR+, IIL, IIR et ELFI). Au-delà de la mise au point de ces bio-indicateurs révélateurs de l'état écologique, un degré d'incertitude relatif par exemple à l'acquisition des données de terrain ou au calcul des pressions leur a été associé.

Leur traduction dans la réglementation et dans la mise en œuvre de la directive à l'échelle des bassins s'est opérée progressivement. De même, les bio-indicateurs ont été intégrés dans un système d'évaluation de l'état des eaux (SEEE) qui continue à être implémenté aujourd'hui.



© Mario Lepage, INRAE

L'intercalibration à l'échelle européenne concourt à rendre comparables les données. Après comparaison de plusieurs techniques, le chalut à perche a été retenu pour l'échantillonnage des poissons en estuaires.

## ➤ De l'état physico-chimique et hydro-morphologique à l'état écologique

### LE « SOUTIEN À LA BIOLOGIE », UN NOUVEAU CONCEPT

Alors que les critères physico-chimiques ont longtemps été considérés comme les seuls indicateurs de l'état d'un milieu, ils sont considérés « en soutien à la biologie » dans le système



**Mario Lepage**  
Ingénieur de recherche biologiste, spécialiste de l'ichtyofaune en estuaire, INRAE

« Concernant les estuaires, nous partions de loin : pas d'état de référence ni de "typologie" des estuaires. Nous n'avions rien sur les pressions ou sur la manière d'évaluer leur niveau. Nous ne connaissions bien que l'estuaire de la Gironde, car nous y travaillions au Cemagref depuis près de vingt ans. Dans le cadre des recherches sur la bioindication, j'ai piloté un groupe de 25 experts européens pour le développement d'un indicateur poisson dans les estuaires et lagunes : nous voyions les tensions entre puristes et pragmatiques, mais la question était surtout de rester opérationnel. L'amélioration d'un indicateur peut le rendre plus sensible et donc en faire un meilleur outil de diagnostic, ce qui est sa raison d'être initiale. La question est de savoir jusqu'où va le scientifique dans les prises de décision des gestionnaires. Nos travaux sur l'incertitude des diagnostics vont bien dans ce sens.

Nous avons pu recruter des chercheurs et capitaliser des connaissances, des compétences et une expertise. Comprendre pour agir, c'est vraiment cette aventure que j'ai vécue et partagée durant ces années de recherche pour la DCE. Outre la satisfaction de se sentir un peu « acteur » de l'amélioration de milieux très dégradés, il y a aussi une belle reconnaissance des partenaires. J'ai souvent des propositions de collaboration avec des chercheurs européens pour participer à des consortiums internationaux. Il est aussi important de faire reconnaître cette activité par les pairs et les évaluateurs... »

d'évaluation de l'état écologique de la DCE. Il s'agissait donc de mieux connaître les liens entre physico-chimie et biologie et de fixer de nouveaux seuils de qualités physico-chimiques pour chaque type de masse d'eau en tenant compte des caractéristiques des compartiments biologiques.

De la même façon, les caractéristiques hydromorphologiques « en soutien à la biologie » ont été introduites dans l'appréciation de l'état écologique des masses d'eau. Un important investissement scientifique et technique a été consacré à la caractérisation hydromorphologique des écosystèmes en développant des méthodes d'observation, certaines très innovantes (échosondage acoustique, télédétection par exemple). La modélisation a ensuite permis de préciser le lien entre les caractéristiques hydrologiques et morphologiques des masses d'eau et la vie aquatique.

### LE RISQUE DE NON-ATTEINTE DU BON ÉTAT ÉCOLOGIQUE : L'EXEMPLE DE L'HYDROMORPHOLOGIE DES COURS D'EAU

Le SYstème Relationnel d'Audit de l'Hydromorphologie des Cours d'Eau (SYRAH-CE) a été initié en 2006. Il combine différentes caractéristiques du bassin versant, des lits majeurs et mineurs et de la ripisylve pour calculer pour chaque masse d'eau un risque d'altération de leur structure et de leur fonctionnement physique.

Sans entrer ici dans les détails, le système SYRAH-CE se révèle être un bon exemple de recherche-action construit sur la base d'échanges continus et la validation de chaque étape avec les utilisateurs directs que sont les agences de l'Eau, les directions régionales de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL) et l'Onema.

Depuis l'état des lieux rapporté en 2013, ce système constitue le socle d'évaluation des pressions hydromorphologiques pour élaborer les Schémas d'Aménagement et de Gestion des

Eaux en France (SDAGE). L'ensemble des données mises à disposition permet ainsi de définir des priorités pour la gestion des cours d'eau. Elles permettent de mieux contextualiser et interpréter les données écologiques, et d'anticiper les altérations à venir.

Pour les eaux de transition et les plans d'eau, le premier état des lieux de 2004 a été entièrement réalisé à dire d'experts ; très peu de données hydromorphologiques étaient alors disponibles. Les méthodes développées par la suite pour décrire l'hydromorphologie lacustre et son altération permettent indirectement d'approcher les risques de dysfonctionnement, et donc de non-atteinte du bon état des milieux. Elles sont utilisées pour développer les modèles liant biologie et hydromorphologie et assoir ainsi l'évaluation de l'état écologique.

### UNE RECHERCHE APPLIQUÉE GRANDEUR NATURE

En fixant un objectif d'amélioration de l'état écologique des milieux aquatiques avec obligation de résultat, la directive-cadre sur l'eau implique automatiquement la mise en œuvre généralisée d'opérations de restauration des milieux altérés. Depuis la fin des années 1990, les opérations de restauration hydromorphologique se sont multipliées. Encore faut-il en mesurer les effets.

Pour ce faire, l'agence française pour la Biodiversité (ex-Onema, aujourd'hui OFB) a initié une démarche de suivi des opérations de restauration à laquelle les scientifiques sont associés. Celle-ci a pour objectifs scientifiques et opérationnels d'évaluer l'efficacité des travaux de restauration, de valoriser les retours d'expérience en matière de restauration et de produire des recommandations auprès des gestionnaires.

Cette démarche doit permettre d'améliorer très fortement la compréhension de la résilience des écosystèmes dans le contexte des changements globaux.

## ➤ De la recherche à l'appui aux politiques publiques : entre exigence scientifique et pragmatisme de l'action

Plus de 50 scientifiques de diverses disciplines se sont engagés sur quelque 20 années pour accompagner la mise en œuvre de la DCE, la plupart du temps dans un environnement scientifique challengeant : manque de données hydrobiologiques, de méthodes, de temps, données hétérogènes...

Les efforts conséquents portés sur les données et les informations nationales, voire internationales, ont permis de constituer de solides bases pour poursuivre les études macro-écologiques et en écologie trophique. Ils sont à ce titre pleinement valorisés.

Tous ces processus d'évaluation qui reposent sur la biologie sont complexes et leur appropriation par les utilisateurs parfois difficile. En effet, les réponses biologiques à l'environnement résultent de processus qui opèrent à différentes échelles spatiales et temporelles. Leur compréhension est moins aisée qu'une réponse chimique classiquement mesurée pour rendre compte des perturbations sur le bassin versant ou à l'échelle

de la station. Leur transfert ne peut donc se faire sans accompagnement.

Ainsi, outre l'activité de recherche dédiée à la mise au point de la surveillance de l'état des milieux, de nombreuses autres actions d'appui aux politiques publiques ont-elles été menées pour faciliter l'appropriation des travaux de recherche par les acteurs : formations auprès des opérateurs, expertises diverses notamment pour l'accréditation des laboratoires, normalisation (CEN et AFNOR), contribution aux travaux de divers instances et groupes de pilotage, avis et conseils ou encore contributions aux textes réglementaires. Les scientifiques d'INRAE continuent également de s'impliquer dans le consortium Aquaref, aujourd'hui reconnu par les acteurs nationaux et européens.

L'importance des besoins en recherche pour la mise en œuvre de la DCE est à l'origine de la création des consortiums de scientifiques. Avec l'appui financier de l'Europe, ils ont



**Christine Argillier**  
Directrice de recherche et écologue des milieux aquatiques, INRAE

« Ceux qui se sont lancés dans l'aventure y croyaient. Instaurer un système d'évaluation de l'état des milieux aquatiques, basé sur la biologie, à un échelon national, avec une harmonisation européenne, était engageant et motivant. Il fallait être prêts à prendre des risques, et une direction qui nous accompagne, ce que nous avons la chance d'avoir. La motivation initiale pour se lancer dans l'appui aux politiques publiques est indéniablement d'avoir envie de faire de la recherche finalisée. Ce n'est pas toujours simple et nous amène souvent hors de notre zone de confort, mais cela permet de se retrouver au cœur de l'action, de croiser des points de vues et de faire bouger, même modestement, certaines lignes. Ici, il y avait tout à construire, c'était donc passionnant. »

largement contribué à faire avancer la connaissance, avec des équipes reconnues dans le cadre de projets de recherche européens.



© Christian Chauvin, INRAE

La mobilisation d'une large communauté scientifique a permis un gain considérable de connaissances utiles à la restauration des milieux aquatiques.



## ➤ Bilan et perspectives 2027 : l'histoire continue

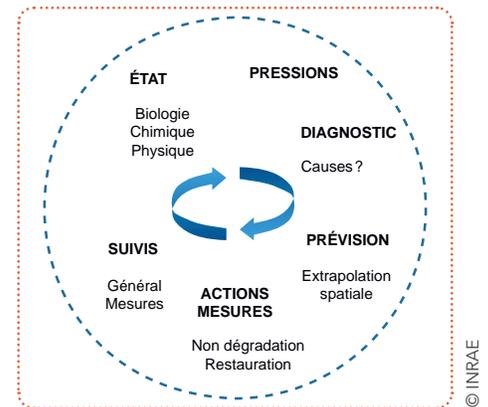
Les écosystèmes aquatiques continentaux sont essentiels pour les sociétés humaines par les nombreux services vitaux qu'ils fournissent : l'eau potable, l'eau pour l'industrie, l'énergie et l'agriculture, la baignade, les paysages, la production de biomasse, la pêche, la biodiversité, le recyclage et le stockage des nutriments et du carbone. Ce sont des systèmes très complexes, structurés hiérarchiquement depuis les têtes de bassin jusqu'à la mer, interconnectés entre eux et aux systèmes terrestres environnants. Ils sont le siège de nombreuses interactions physiques, chimiques et biologiques. Les recherches en hydroécologie participent d'une meilleure connaissance de ces systèmes.

Les connaissances acquises dès les années 80 ont permis aux scientifiques de répondre positivement et rapidement aux différents défis que posait la traduction opérationnelle de la politique publique environnementale d'envergure qu'est la directive-cadre sur l'eau. Grâce aux investissements lourds et aux partenariats mis en œuvre pour ces recherches, les résultats sont au rendez-vous.

Le premier facteur commun de ces réussites a été le changement d'échelle nécessaire pour se situer d'emblée à un échelon national avec toute sa complexité géographique et sociologique. Le second résidait dans l'appropriation des nouvelles connaissances et méthodes par les utilisateurs et usagers. Enfin, répondre à des exigences de reproductibilité, de précision, de coût pour des utilisations en réseau est également un facteur de réussite clef.

Les connaissances sur les milieux aquatiques continentaux et les communautés qu'ils hébergent, à la fois d'un point de vue biologique et écologique, ont donc très nettement progressé à l'occasion de la mise en œuvre de la DCE, de même que les méthodologies, l'échantillonnage et les mesures des caractéristiques des milieux, la modélisation et la bio-indication.

Bien que la France dispose désormais de moyens fiables, précis, rigoureux et comparables pour évaluer et rétablir le bon état écologique de ses masses d'eau, celui-ci n'est aujourd'hui pas encore complètement atteint. Les pressions sur les milieux restent très



© INRAE

Dans le processus de gestion adaptative de la DCE, la connaissance de l'état d'un système permet d'ajuster l'action grâce à la maîtrise d'indicateurs et l'avancée de la connaissance des pressions anthropiques.

fortes. Parallèlement aux efforts des gestionnaires, les travaux de recherches se poursuivent pour améliorer la qualité des diagnostics et proposer des outils de restauration efficaces intégrant les problématiques des changements climatiques, de la pollution diffuse et des pressions exercées sur la morphologie des masses d'eau ■

### 4 sites pour en savoir plus

- Le laboratoire national de référence pour la surveillance des milieux aquatiques : <https://www.aquaref.fr/>
- Le portail technique de l'Office français pour la biodiversité : <https://professionnels.ofb.fr/>
- Des informations et outils pratiques autour de la bioindication : <https://hydrobio-dce.inrae.fr/>
- Les rapports de la Commission européenne : <https://rapportage.eafrance.fr/>

Collection appui aux politiques publiques  
Dir. de publication : Nicolas de Menthère  
Dir. de collection : Gisèle Parfait  
Conception et rédaction :  
Gisèle Parfait, Roxane Jupin  
Maquette et mise en page :  
EliLoCom - [www.elilocom.fr](http://www.elilocom.fr)  
Impression : Biprint



© Vincent Bertrin, INRAE

La lobélie de Dortmund est inscrite sur la liste rouge de l'UICN. L'amélioration continue de l'évaluation de la qualité de l'eau est un enjeu majeur pour atteindre les objectifs de protection et de restauration des milieux fixés par la DCE d'ici 2027.



Direction de l'Appui aux Politiques Publiques  
Centre siège d'Antony  
1, rue Pierre Gilles de Gennes  
92160 Antony

Rejoignez-nous sur :



<https://www.inrae.fr/>

**Institut national de recherche pour  
l'agriculture, l'alimentation et l'environnement**



**RÉPUBLIQUE  
FRANÇAISE**

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

**INRAE**