

Sciences Eaux & Territoires



© J. Chauvin - INRAE

**DIRECTIVE CADRE EUROPÉENNE SUR L'EAU
BILAN DE VINGT ANNÉES DE RECHERCHE
POUR LA RECONQUÊTE DE LA QUALITÉ
DES MASSES D'EAU**



© V. Pagnoux - INRAE

Editorial

01 La rédaction de la revue

Les articles

- 02 **Points de vue** – La stratégie française pour relever le défi de la mise en œuvre des outils de la directive cadre européenne sur l'eau
Vassilis SPYRATOS et Claire-Cécile GARNIER
- 06 **Témoignages** – La mise en œuvre de la directive cadre européenne sur l'eau – Quels défis fallait-il relever ?
Yves SOUCHON et Stéphane STROFFEK
- 12 **Focus** – Partage d'expériences d'EDF sur la mise en œuvre de la directive cadre européenne sur l'eau
Laurence TISSOT-REY et Véronique GOURAUD
- 16 **Focus** – Aquaref – Quel positionnement pour un laboratoire national de référence pour la surveillance des milieux aquatiques ?
Christian CHAUVIN, Marina COQUERY et Anne MORIN
- 22 **Indicateurs biologiques et méthodes d'évaluation pour la directive cadre européenne sur l'eau : un contexte cadré, des approches novatrices, des enjeux essentiels**
Christian CHAUVIN, Nicolas HETTE-TRONQUART et Mario LEPAGE
- 30 **Une nouvelle génération d'indicateurs : l'exemple de l'indice invertébrés multimétrique I2M2**
Cédric MONDY, Bertrand VILLENEUVE, Virginie ARCHAIMBAULT et Philippe USSEGLIO-POLATERA
- 38 **Réponse des indicateurs biotiques de cours d'eau aux pressions et extrapolation de l'état biologique aux masses d'eau non suivies**
Bertrand VILLENEUVE, Laurent VALETTE, Martial FERRÉOL, Yves SOUCHON, Philippe USSEGLIO-POLATERA et Stéphane STROFFEK
- 44 **Point de vue** – État écologique des lacs et estuaires, défis et perspectives
Christine ARGILLIER, Maxime LOGEZ et Mario LEPAGE
- 48 **Vers une évaluation physico-chimique en cohérence avec la biologie des milieux aquatiques continentaux**
Nolwenn BOUGON, Vincent ROUBEIX, Mario LEPAGE, Martial FERRÉOL, Pierre-Alain DANIS et Maia AKOPIAN
- 54 **Focus** – De nouveaux protocoles pour caractériser l'hydromorphologie lacustre
Christine ARGILLIER, Nathalie REYNAUD et Jean-Marc BAUDOIN
- 56 **Réalisation d'un système national d'évaluation géospatiale du risque d'altération de l'hydromorphologie des cours d'eau : Syrah_CE**
Laurent VALETTE, André CHANDESRESIS, Jérémy PIFFADY, Bertrand VILLENEUVE, Thierry TORMOS, Kris VAN LOOY, Martial FERRÉOL, Jean René MALAVOI et Yves SOUCHON

- 66 **Focus** – Les travaux européens en soutien à la mise en œuvre de la directive cadre européenne sur l'eau et de la directive Inondations
Jeanne BOUGHABA
- 70 **La surveillance hydrobiologique : un cas d'interdépendance entre expertises publique et privée**
Gabrielle BOULEAU et Christian CHAUVIN
- 76 **La protection des milieux aquatiques**
Vulnérabilité et sensibilité fonctionnelle des communautés de poissons
Nils TEICHERT, Mario LEPAGE, Nicolas HETTE-TRONQUART et Christine ARGILLIER
- 82 **La biosurveillance active pour le suivi de l'état chimique des cours d'eau continentaux**
Olivier GEFFARD, Marina COQUERY, Rémi RECOURA-MASSAQUANT, Olivier PERCEVAL, Dorothée BOLZAN, Xavier BOURRAIN, Jean-Pierre REBILLARD, Lionel NAVARRO, Miguel NICOLAI, Baptiste CASTEROT, Martial FERREOL, Bertrand VILLENEUVE et Arnaud CHAUMOT
- 88 **Focus** – Des bioessais écotoxicologiques *in situ* pour évaluer les impacts biologiques de la contamination chimique des cours d'eau nationaux : l'expérience du gammare
Arnaud CHAUMOT, Olivier PERCEVAL, Rémi RECOURA-MASSAQUANT, Davide DEGLI ESPOSTI et Olivier GEFFARD
- 92 **Les communautés microbiennes benthiques pour le diagnostic de l'impact écologique des micropolluants dans les cours d'eau**
Stéphane PESCE, Chloé BONNINEAU, Joan ARTIGAS, Fabrice MARTIN-LAURENT et Soizic MORIN
- 100 **Un échantillonneur intégratif passif simple et flexible pour étudier le transfert des pesticides dans des petits bassins versants**
Christelle MARGOUM, Alexis MARTIN, Matthieu LE DRÉAU, Céline GUILLEMAIN, Véronique GOUY et Marina COQUERY
- 106 **Focus** – Surveillance de la contamination chimique des sédiments dans les cours d'eau : pertinence de l'échantillonnage intégratif des matières en suspension
Aymeric DABRIN, Anice YARI, Matthieu MASSON, Jérôme LE COZ et Marina COQUERY
- 110 **Focus** – Intérêt pour la directive cadre européenne sur l'eau de l'analyse chimique non-ciblée de micropolluants organiques dans les milieux aquatiques
Sylvain MEREL, Christelle MARGOUM, Kevin ROCCO, Marina COQUERY et Cécile MIÈGE
- 114 **Quand la surveillance des plans d'eau prendra de la hauteur**
Thierry TORMOS, Nathalie REYNAUD, Pierre-Alain DANIS, Tristan HARMEL, Guillaume MORIN, Jean-Michel MARTINEZ, Alice ANDRAL, Arthur COQUE, Tiphaine PEROUX et Jean-Marc BAUDOIN

© D. Salles - INRAE



ÉDITORIAL



Le 23 octobre 2000, le Parlement et le Conseil européens adoptent la directive cadre européenne sur l'eau (DCE), dont l'objectif est de freiner la dégradation des milieux aquatiques continentaux et restaurer le bon état des masses d'eau. Les opérateurs publics n'auraient pas pu répondre à ce défi d'envergure sans le concours des scientifiques.

En effet, 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 en témoignent. Tous ces processus d'évaluation qui reposent sur la biologie et l'écologie sont complexes et leur appropriation par les utilisateurs souvent difficile.

En France, des scientifiques du BRGM, de l'Ifremer, de l'Ineris, du LNE¹ et de plusieurs universités se sont mobilisés pour accompagner la mise en œuvre de la DCE. À INRAE, cela représente plus de cinquante scientifiques de diverses disciplines qui se sont engagés sur vingt années² sur les milieux aquatiques continentaux de surface. Leurs travaux ont été menés la plupart du temps dans un environnement scientifique relevant du challenge : manque de données hydrobiologiques, de méthodes, de temps, accès à des données hétérogènes... Cependant, ils leur ont permis de progresser dans la compréhension des processus écologiques et de valoriser les résultats dans des publications scientifiques académiques.

Les chercheurs se sont aussi fortement impliqués pour échanger avec les gestionnaires de l'eau (Office français de la biodiversité, ministère, directions régionales de l'environnement, de l'aménagement et du logement et agences de l'eau) et développer les méthodes d'évaluation ou les outils attendus. Lorsque les outils sont passés dans le domaine opérationnel, les scientifiques se sont mobilisés pour assurer l'accompagnement par le biais de guides, de séminaires, de formations ou encore de dispositifs comme le laboratoire national de référence pour la surveillance des milieux aquatiques (Aquaref). Ces échanges chercheurs-gestionnaires tout au long des projets sont un vrai atout pour garantir l'opérationnalité des résultats de recherche.

Ce numéro spécial de la revue *Sciences Eaux & Territoires*, piloté par Christine Argillier, directrice de recherche à INRAE, fait le point des principales avancées acquises au cours de ces vingt années de collaboration entre la recherche française et les services l'État sur l'évaluation de l'état des cours d'eau, plans d'eau et estuaires. Quelques perspectives et enjeux sont également discutés.

Bonne lecture.

La rédaction

1. LNE : Laboratoire national de métrologie et d'essais.

2. Science et directive-cadre sur l'eau, 20 ans de recherche en hydrobiologie pour le bon état écologique des milieux aquatiques, janvier 2021, INRAE, Direction de l'appui aux politiques publiques : <https://hal.inrae.fr/POLITIQUES-PUBLIQUES/hal-03080510>

Points de vue

La stratégie française pour relever le défi de la mise en œuvre des outils de la directive cadre européenne sur l'eau

La directive cadre européenne sur l'eau (DCE) a donné une impulsion forte à la politique française menée en matière de bio-indication. Le bon état écologique des masses d'eau est devenu l'un des indicateurs majeurs de pilotage et d'évaluation de la politique de l'eau. Cet article présente les points de vue de deux responsables du ministère en charge de l'environnement sur le défi que représente la mise en œuvre des outils de la DCE en France, lors d'une phase particulièrement active pour le développement des méthodes et l'appui aux politiques publiques. Il a notamment fallu organiser les avancées et questions scientifiques et réglementaires, en une politique publique la plus cohérente et efficace possible pour les objectifs de préservation et de reconquête de la qualité écologique des milieux aquatiques.

La bio-indication avant la directive cadre européenne sur l'eau

Avant l'impulsion donnée par la directive cadre européenne sur l'eau (DCE), en France comme dans d'autres pays, des bio-indicateurs étaient déjà utilisés pour évaluer l'état des cours d'eau et mesurer certains impacts. Les équipes de recherche en écologie des milieux aquatiques travaillaient sur ces questions et les services de l'État et de ses établissements publics (Agences de l'eau, DIREN devenues DREAL, CSP devenu Onema puis AFB puis OFB, DDT(M)¹...), étaient impliqués dans des programmes de développement des connaissances de la qualité physico-chimique, biologique et hydromorphologique des cours d'eau et des plans d'eau. Des indicateurs de la qualité biologique des milieux aquatiques ont été développés, parmi lesquels les indices IBGN, IBD, IPR², basés sur l'analyse des communautés d'invertébrés de diatomées et de poissons présents dans les cours d'eau, peuvent être cités en exemple. De premières versions d'indicateurs invertébrés en rivière datent de 1970 (thèse de J. Verneaux).

L'IBGN est un indice de référence qui a été largement utilisé par les services de l'État en charge de la police de l'eau, pour définir des niveaux acceptables des rejets d'assainissement d'eaux usées urbaines ou industrielles, et à mesurer l'impact de ces rejets sur le milieu aquatique récepteur.

Un système d'évaluation de la qualité de l'eau (SEQ-Eau) a été constitué, puis affiné dans plusieurs versions (SEQ-Eau V1 diffusé en 2000 dans un document de référence inter-Agences de l'eau, mis à jour dans une V2 publiée en 2003), au début de la mise en œuvre de la DCE. Ce système multi-paramètres et multi-usages constituait un cadre national harmonisé d'évaluation de la qualité de l'eau selon un ensemble de paramètres (physico-chimiques et biologiques) et de niveaux d'exigences (valeurs seuils) adaptés selon les enjeux et l'usage du milieu (eau potabilisable, baignade, production conchylicole, qualité biologique du milieu...). L'un des usages, « l'aptitude à la biologie », préfigurait la notion d'état écologique de la DCE.

1. DIREN : direction régionale de l'environnement ; DREAL : direction régionales, de l'environnement, de l'aménagement et du logement ; CSP : Conseil supérieur de la pêche ; Onema : Office national de l'eau et des milieux aquatiques ; AFB : Agence française de la biodiversité ; OFB : Office français de la biodiversité ; DDTM : direction départementale des territoires et de la mer.

2. IBGN : indice biologique global normalisé ; IBD : indice biologique diatomées ; IPR : indice poisson rivière.

Le cadre fixé par la directive cadre européenne sur l'eau : un défi immense pour la bio-indication !

La DCE compte parmi ses exigences la mise en place d'un système complet exhaustif et systématique d'évaluation de la qualité des masses d'eau. Il s'agit d'évaluer l'état de chaque masse d'eau du territoire, par l'analyse de différents compartiments de l'écosystème aquatique : les éléments de qualité invertébrés, diatomées, macrophytes, poissons, et phytoplancton pour les grands cours d'eau, sont évalués et le résultat est classé en état très bon, bon, moyen, médiocre, mauvais.

Cet état est évalué, non pas d'une manière relative (dégradation de la qualité d'un même cours d'eau entre l'amont et l'aval d'un rejet par exemple) mais de manière absolue. Chaque élément de qualité biologique doit être évalué pour chaque masse d'eau, par rapport à un état de référence. Cette référence correspond à l'état de ce compartiment biologique dans un milieu du même type qui serait exempt de toute pression humaine significative.

Le caractère systématique et absolu de cette évaluation représente un changement majeur d'échelle et de systématisation des méthodes et de leur application. Un défi scientifique et opérationnel immense !

Mobilisation des équipes pour relever ce défi

Construction des typologies de milieux, identification de sites de référence et de surveillance représentatifs des différentes catégories de masses d'eau, collecte des données de référence et de surveillance, développement des méthodes selon les critères DCE pour chaque élément de qualité biologique, inter-calibration européenne des méthodes et valeurs seuils, formation et développement des compétences des opérateurs, mise en cohérence des valeurs seuils physico-chimiques avec le seuil du bon état, développement des modèles pressions-impacts et des outils de diagnostic...

Face à ces enjeux et objectifs pour la politique de l'eau, la France a mobilisé d'importants moyens, qui ont permis d'aboutir en un temps court, quelques années, à d'importants résultats en matière de développement des méthodes, déploiement de leur mise en œuvre sur le terrain, et traduction réglementaire. Ces résultats ont pu être obtenus en s'appuyant sur un réseau structuré d'acteurs compétents et engagés, au sein des équipes de recherche et des services de l'État et des établissements publics présents sur les territoires, et sur l'implication particulière de certains qui ont spécialement contribué à la pertinence, robustesse et fiabilité des outils mis en place.

1 TÉMOIGNAGE

Claire-Cécile Garnier,
Direction de l'eau et de la biodiversité

« L'expertise du lien dynamique, ou disons-le autrement, des continuités écologiques, entre les eaux souterraines, le sol, les milieux humides, les cours d'eau et la biodiversité aquatique, doit être développée pour réduire l'écart entre le jugement purement technique du rapportage européen et le jugement politique et sociétal des mesures prises et de leurs résultats ».

Au niveau européen, les contributions françaises ont été souvent appréciées et reconnues pour leur qualité, et les équipes françaises ont contribué activement au démarrage et au développement initial des concepts et outils pour la mise en œuvre de la DCE au niveau européen (référentiels, typologie des milieux, conception de l'inter-calibration européenne...).

Les premières années étaient intenses, il fallait dans le même temps :

- développer les concepts ;
- développer les protocoles de prélèvement, d'analyse et d'évaluation ;
- expérimenter puis massifier leur mise en œuvre sur le terrain (choix des points de prélèvement, développement des compétences des opérateurs publics et privés...);
- inter-calibrer les méthodes et valeurs seuils pour aboutir à un niveau d'exigence équivalent du « bon état » entre États membres européens ;
- tester, ajuster, valider ces méthodes et valeurs seuils puis leur donner une valeur réglementaire ;
- prendre en compte les résultats dans la planification et l'évaluation des actions concrètes mises en œuvre pour améliorer la qualité des eaux et milieux aquatiques.

Les équipes de recherche et développement étaient mobilisées, en lien étroit et articulé avec les équipes chargées de la programmation et de la mise en œuvre des méthodes sur le terrain, en s'appuyant parfois sur un nombre très limité de personnes ressources par compartiment biologique. Cette mobilisation était requise à de nombreux niveaux :

- développement et calage scientifique des méthodes (constitution des bases de données, mise au point des méthodes d'échantillonnage, développement et ajustements des indicateurs et valeurs seuils...);
- accompagnement et formation des agents chargés de leur mise en œuvre ;
- appui au ministère et aux agences de l'eau DREAL et Onema, pour organiser la mise en œuvre, les tests et l'ajustement des méthodes et valeurs-seuils ;
- participation avec le ministère aux instances européennes de développement et d'inter-calibration des méthodes et valeurs seuils des différents indicateurs biologiques ;
- participation également aux instances françaises et européennes de normalisation, où des enjeux discrets mais forts de négociation scientifique technique et stratégique se jouaient pour s'assurer que les normes européennes soient compatibles avec les pratiques et outils développés en France.

Des groupes de travail nationaux et par bassin hydrographique ont été constitués pour piloter le développement et le déploiement de la mise en œuvre des méthodes de surveillance (prélèvements et analyse) et d'évaluation (indicateurs et valeurs seuils, règles d'agrégation), structurer et articuler le travail des instituts scientifiques et techniques de l'État (Irstea ex-Cemagref³, Ifremer, Ineris...) des Agences de l'eau, de l'Onema, des services déconcentrés de l'État dont les laboratoires d'hydrobiologie des DREAL. Aux bureaux d'études privés a

3. L'institut est devenu Inrae en 2020.

été confiée la production d'une partie importante des données de terrain lorsqu'elle est devenue massive. Les laboratoires d'hydrobiologie territorialisés de l'État ont été maintenus pour garantir une capacité de vérification de la fiabilité des résultats et d'interprétation.

Les étapes clés et les référentiels retenus pour les programmes et méthodes de surveillance et d'évaluation ont fait l'objet de circulaires et d'arrêtés ministériels qui leur ont donné valeur réglementaire.

Piloter la politique de l'eau par la bio-indication : un autre défi de la directive cadre européenne sur l'eau

Au-delà de ces objectifs de méthodes, l'objectif de résultat fixé par la DCE implique aussi, et surtout, une nécessité d'amélioration réelle de l'état des masses d'eau pour atteindre et maintenir ce fameux « bon état des masses d'eau ». Cet objectif de résultat intégrateur et global se traduit par une exigence de planification et de mise en œuvre de programmes d'actions pour améliorer la qualité écologique et chimique des milieux aquatiques, d'évaluation de leur efficacité, ainsi que de rapportage régulier des méthodes développées, des programmes de surveillance et d'actions mis en œuvre, et de l'état des masses d'eau évalué.

La DCE a donc impliqué une prise en compte accrue de la bio-indication dans la planification et la priorisation des actions :

- révision des normes de rejet de stations d'épuration et d'installations classées ;
- définition des plans d'action par bassin hydrographique, SDAGE, programmes de mesures, taux d'aides incitatifs et programmes de financements des Agences de l'eau ;
- application de la police de l'eau pour évaluer l'acceptabilité et assurer la compatibilité des installations, ouvrages, travaux, aménagements aux objectifs de bon état des masses d'eau ;
- stratégies et opérations foncières pour la restauration des milieux aquatiques et humides...

Les attentes des acteurs de l'eau étaient fortes vis-à-vis des capacités de diagnostic des méthodes de biologiques. Peut-on identifier les causes probables de l'état plus ou moins bon des masses d'eau ? Comment appréhender les effets cumulés des pressions ? Comment intégrer la connaissance et l'incertitude des pressions et de l'état des milieux pour identifier les actions les plus pertinentes et efficaces ? Et finalement, de quoi est-on suffisamment sûr pour engager des actions sans regret ? Ce lien entre état des eaux et définition des actions a bien sûr engagé de manière pragmatique et globale la connaissance : pressions, état, pertinence et faisabilité des actions (certitude « d'aller dans le bon sens », autres effets positifs ou négatifs attendus de ces actions, acceptabilité...).

Les modèles « pression-impact », visant à accompagner l'évaluation d'un état biologique de l'explicitation des types de pressions probablement en cause des dégradations observées, sont en cours de développement. Leur usage va certainement s'accroître à l'avenir, pour fournir des éléments de diagnostic en aide à la décision.

La bio-indication est ainsi devenue un outil majeur de pilotage et de suivi-évaluation de l'efficacité de la politique de l'eau. Ce qui a impliqué, pour les méthodes, un certain nombre d'exigences et d'enjeux : fiabilité et pertinence, faisabilité de leur mise en œuvre à grande échelle, robustesse face aux variations naturelles et à la diversité des opérateurs impliqués dans la réalisation des prélèvements et des analyses, explicitation des facteurs d'incertitude et de variabilité du vivant (variations naturelles climatiques et biologiques, spatiales et temporelles, « effet préleveur », évolution des pressions...), conformité au strict cadre européen.

Il fallait en outre, bien sûr, que les méthodes soient opérationnelles et les résultats obtenus rapidement, et que ces résultats montrent avec une bonne réactivité l'efficacité des actions menées de réduction des pressions pour la reconquête de la qualité des milieux aquatiques. Ceci dans le même temps que ces méthodes se développaient.

Le changement de générations de méthodes : un virage particulièrement délicat à négocier

Un moment particulièrement délicat et important a été celui de la transition entre le premier et le second cycle de programmation et de rapportage de la DCE. Pour les cours d'eau, qui représentent le plus grand nombre de masses d'eau, la prise en compte des nouveaux indicateurs (I2M2, IBMR, IBD optimisé, IPR+⁴) permet un meilleur diagnostic, plus fiable, plus complet, mais qui conduisit, mathématiquement, à « déclasser » l'état d'un certain nombre de masses d'eau, et donc à dégrader les bilans globaux.

Le premier cycle de la DCE a été mené avec les indicateurs disponibles, de qualité et fiables mais encore incomplets et ne correspondant plus aux nouvelles prescriptions méthodologiques de la DCE. Le nombre de données de terrain a également augmenté massivement, et ainsi la connaissance de la qualité du milieu s'est améliorée progressivement à un rythme soutenu.

Cette période de développement intense a permis aux politiques de l'eau et aux stratégies territoriales de bassin de disposer d'outils plus performants, de nouvelles méthodes d'évaluation dotées d'une meilleure capacité de diagnostic, plus sensibles également aux pressions non seulement physico-chimiques mais également toxiques, et hydromorphologiques sur les communautés biologiques aquatiques.

L'application de ces nouveaux outils d'évaluation a permis d'améliorer la performance de l'évaluation et le ciblage des stratégies des bassins et les politiques de l'eau. Mais il fallait dans le même temps que ces résultats ne conduisent pas à une évaluation trop sévère, que les indicateurs « ne déclassent pas trop » l'état des masses d'eau, et aussi bien sûr pouvoir expliquer les changements d'état.

Il a donc fallu travailler finement pour permettre la prise en compte des nouveaux indicateurs, sans trop dégrader les bilans globaux.

4. I2M2 : indice invertébrés multimétrique; IBMR : indice biologique macrophyte en rivière; IBD optimisé : indice biologique diatomées optimisé ; IPR+ : indice poisson rivière +.

2 TÉMOIGNAGE

Vassilis Spyros,
Direction de l'eau et de la biodiversité

« En tant qu'animateur du groupe de travail national DCE-eaux de surface continentales, de 2008 à 2012, j'ai gardé de ces années un souvenir intense des débats techniques et stratégiques, et de la qualité des personnes impliqués. Il a notamment fallu organiser les avancées et questions scientifiques et réglementaires, en une politique publique la plus cohérente et efficace possible pour les objectifs de préservation et de reconquête de la qualité écologique des milieux aquatiques. »

Pour démontrer l'efficacité des politiques menées, et que les sommes investies depuis des années ont bien permis d'améliorer l'état des eaux, des bilans ciblés ont été réalisés, localement (à l'échelle de l'impact réduit d'une station d'épuration après travaux) ou globalement (à l'échelle d'un syndicat de bassin versant, ou à celle des grands bassins hydrographiques au rythme des cycles de programmation de six ans).

Au-delà des indicateurs très globaux de la DCE, chaque action doit faire l'objet, pour démontrer et faire comprendre son efficacité et sa nécessité, d'une analyse spécifique et fine. Pour expliquer finement les effets attendus des actions prévues, ou les effets observés des actions menées, il convient de montrer selon les cas en quoi elles ont permis – ou permettront – d'améliorer l'état écologique des milieux sur certains paramètres (phosphore, pollutions organiques issues des rejets ponctuels, développement des capacités d'auto-épuration et de l'aptitude à la biologie du milieu physique...), sans nier que cet état s'est parfois ou restera dégradé sur d'autres paramètres (nitrates, pesticides, hydrocarbures...), et prendre la mesure de ce qui a été fait et de ce qui reste à faire.

Lier les outils et l'évaluation de la directive cadre européenne sur l'eau à la dimension de biodiversité et écosystémique de celle-ci

La très haute technicité de la mise en œuvre de la DCE a ainsi reposé sur la mobilisation d'experts, dont les développements ont été d'une rapidité remarquable.

Cette technicité indispensable à la définition des interventions à réaliser pour atteindre les objectifs de bon état se heurte cependant à la difficulté de son appréhension par les acteurs pouvant être concernés (industriels, agriculteurs, propriétaires d'ouvrages ou élus) et par la société en général. En effet, l'objectif de bon état des eaux reste encore souvent compris et résumé comme un objectif de qualité chimique ou physico-chimique, éventuellement quantitative. C'est l'eau qui doit être en bon état, oubliant que ce sont des indicateurs biologiques, ne se limitant pas à la présence de poissons dans les rivières, qui représentent le cœur de cible de cette directive. Celle-ci est encore comprise comme une directive sur la ressource en eau alors qu'elle est une directive sur les milieux aquatiques et leur biodiversité dont le bon état dépend étroitement de conditions hydromorphologiques « fonctionnelles ».

Le principe du « *one out, all out* », qui veut que l'état dégradé d'un seul indicateur emporte une évaluation d'état dégradé de la masse d'eau, ajoute à l'incompréhension des mesures prises si elles n'aboutissent pas à une évolution positive visible.

Deux défis se posent alors :

- faire comprendre cette technicité au plus grand nombre et surtout l'importance des processus naturels liés au cycle de l'eau structurant les milieux aquatiques (zones humides, eaux souterraines, cours d'eau et lacs) pour l'atteinte du bon état ;
- réussir à montrer l'évolution positive du fonctionnement écosystémique de ces milieux aquatiques, liée aux interventions réalisées, notamment à travers le retour des services rendus (auto-épuration, résilience aux sécheresses, canicules et inondations, augmentation de la biomasse, etc.).

Toutefois, ce n'est pas sur ces éléments que la bonne mise en œuvre de la directive est rapportée ni jugée.

L'expertise du lien dynamique, ou disons-le autrement, des continuités écologiques, entre les eaux souterraines, le sol, les milieux humides, les cours d'eau et la biodiversité aquatique, doit être développée pour réduire l'écart entre le jugement purement technique du rapportage européen et le jugement politique et sociétal des mesures prises et de leurs résultats. Montrer et s'appuyer sur la dimension globale et écosystémique de l'objectif de bon état des eaux est indispensable à la réussite de cette directive cadre. ■

Les auteurs

Vassilis SPYRATOS

De 2008 à 2012 : Ministère de la Transition écologique,
Direction de l'eau et de la biodiversité,
Pôle DCE et zones humides.

Actuellement : Direction départementale des Territoires
et de la Mer du Morbihan,
Service Aménagement de la Mer et du Littoral,
1 Allée du Général Le Troadec, BP 520,
F-56019 Vannes Cedex, France

✉ vassilis.spyratos@morbihan.gouv.fr

Claire-Cécile GARNIER

Ministère de la Transition écologique,
Direction de l'eau et de la biodiversité,
Bureau de la ressource en eau, des milieux aquatiques
et de la pêche en eau douce,
Tour Séquoïa, 1 place Carpeaux, F- 92055
La Défense Cedex, France.

✉ claire-cecile.garnier@developpement-durable.gouv.fr

Note des auteurs

Les propos recueillis ici n'engagent
que leurs auteurs, ils n'engagent en rien
le ministère de la Transition écologique.

Témoignages

La mise en œuvre de la directive cadre européenne sur l'eau – Quels défis fallait-il relever ?

Voilà vingt ans que la directive cadre européenne sur l'eau (DCE, 2000/60/CE) s'est invitée dans le paysage européen de la gestion des milieux aquatiques, avec pour ambition politique l'atteinte du bon état pour toutes les masses d'eau de surface, souterraines et côtières en 2015. Au vu des pratiques de gestion alors en vigueur en 2000 dans la plupart des pays européens, la tâche était immense pour mettre en œuvre cette directive. Deux témoins privilégiés nous font part de leur vécu au cours de cette période, Stéphane Stroffek, chef de service dans le département de la connaissance et de la planification à l'Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse et Yves Souchon, directeur de recherche émérite à INRAE, directement impliqué dans l'accompagnement technique et scientifique de la DCE au sein d'un laboratoire d'hydro-écologie à Lyon.

Les défis posés par la gouvernance générale

Stéphane Stroffek

La nouvelle gestion par grands districts hydrographiques, qui correspond en France métropolitaine à sept grands bassins hydrographiques, traverse plusieurs niveaux de compétences aux différentes échelles, nationales, régionales, départementales et locales, l'autorité finale aux yeux de l'Europe revenant à l'État. Cela rend nécessaire d'œuvrer en permanence à une cohérence d'ensemble, pour les questions communes aux sept bassins, sous le pilotage du ministère chargé de l'environnement, secondé à partir de 2007 par un office technique national, l'Office national de l'eau et des milieux aquatiques (Onema) aujourd'hui Office français de la biodiversité (OFB), pour conduire les chantiers communs. Il a donc fallu construire et animer une articulation nécessaire entre les niveaux de bassins pour faire exprimer et remonter les besoins, les difficultés et contraintes rencontrées, produire et mettre à disposition les données nécessaires aux travaux, tester et mettre en œuvre les différents outils. Malgré la préexistence de l'organisation par grand bassin hydrographique mise en place depuis la loi sur l'eau de 1964, le rôle confié aux organismes de bassin pour l'élaboration des SDAGE¹ par la loi sur l'eau de 1992 et des plans de gestion de la DCE par la LEMA²

de 2006, ont conféré un avantage certain. Cependant, il a fallu renforcer les échanges et consultations techniques par l'instauration de commissions géographiques au sein des territoires et instaurer des concertations techniques avec les gestionnaires des sous-bassins versants, pour partager les objectifs et les priorités d'action. C'est donc une toute nouvelle forme de gouvernance qui a été instaurée mariant plus de co-construction locale tout en gardant une cohérence générale incombant à l'État et à ses établissements publics.

La planification a suivi le rythme soutenu des cycles de gestion de six ans, pour produire les documents afférents, à savoir le plan de gestion (SDAGE pour la France) et le programme de mesures (PdM) qui inventorie les mesures de restauration à mettre en œuvre pour atteindre les objectifs du plan de gestion. Enfin, les outils financiers ont été mis au service de la mise en œuvre de cette politique de l'eau ambitieuse, renouée et précisée, pour soutenir en priorité la réalisation des mesures de restauration du bon état, en suivre les effets et établir des bilans.

1. Schéma d'aménagement et de gestion des eaux.
2. Loi sur l'eau et les milieux aquatiques.

Parmi les défis à relever, il a fallu faire prendre conscience aux acteurs des territoires que, plus qu'une contrainte imposée « d'en haut », la DCE constituait un levier puissant pour définir et mettre en œuvre une politique de l'eau efficace, efficiente et durable. Mais aussi que répondre positivement aux enjeux pour l'eau et la biodiversité constituait souvent un atout pour le développement des territoires, en particulier dans le contexte incertain du changement climatique dont les effets sont déjà bien visibles. L'exercice de planification par cycles de gestion n'a de sens que s'il se traduit effectivement par la mise en œuvre des mesures nécessaires à l'atteinte des objectifs. Pour cela, il importe que les plans de gestion soient élaborés, mis en œuvre et perçus par les acteurs et les populations des territoires concernés comme des contributions aux projets portés par les territoires, notamment au travers de leur utilité environnementale, économique et sociale.

Yves Souchon

L'accompagnement scientifique et technique de la DCE que nous avons assuré en fonction des compétences de différentes unités du Cemagref³ s'est produit à une ère de profonds changements de la gouvernance d'État, avec notamment les réformes de l'ingénierie publique, la refonte des grands corps techniques, la création de l'Onema. Nous avons dû nous adapter à ces changements, plus habitués que nous étions à apporter un appui direct aux échelons ministériels centraux, comme nous l'avons pratiqué au fil du temps, notamment pour la mise en œuvre de la loi relative à la pêche en eau douce de 1984, avec des travaux relatifs à l'instauration de débits environnementaux (débits réservés) et à la conception des schémas départementaux de vocation piscicole et halieutique.

Pour assurer au mieux cet accompagnement, nous avons constitué une équipe aux compétences pluridisciplinaires, déjà rodée au fonctionnement des structures gestionnaires, dont certains des membres ont suivi pas à pas l'élaboration du corpus scientifique et technique de la DCE, en proposant des solutions et en les testant au fil des nombreuses réunions de niveau national, tout en étant très présents dans les groupes européens thématiques chargés de l'harmonisation des méthodologies. Cette forme d'appui à une politique publique que nous avons exercé pleinement pendant ce temps long a par contre eu plus de mal à être évaluée positivement face à des critères plus académiques de publications internationales.

Les défis scientifiques et techniques

La refonte complète de la surveillance

Stéphane Stroffek

Le contenu de la surveillance a dû être entièrement revu et complété pour satisfaire à la DCE. Un réseau à vocation pérenne a été mis en place à partir de 2006 appelé « réseau de contrôle de surveillance – RCS ». La structure des réseaux a été modifiée pour passer d'un réseau essentiellement construit sur le suivi des effets des rejets de pollution à des réseaux plus représentatifs, à la fois de la diversité des pressions humaines et de la structure géographique des bassins versants. Ce réseau est complété

par une surveillance des masses d'eau qui subissent des pressions susceptibles d'empêcher qu'elles atteignent le bon état (le contrôle opérationnel – CO), ainsi que par un réseau pérenne de sites dits « de référence » visant des sites non ou très peu anthropisés, et permettant d'en suivre les évolutions temporelles, notamment sous l'effet des changements climatiques en cours.

Yves Souchon

Nous avons aidé à spatialiser et dimensionner le nouveau réseau, grâce à la connaissance antérieure acquise sur les hydro-écorégions françaises (HER), que nous avons croisées avec les rangs des cours d'eau (proxy de leur taille), pour en donner une structure éco-géographique pertinente.

Au final, ce sont 1 587 stations, soit une station tous les cent trente kilomètres de linéaire qui ont été retenues pour le RCS après arbitrage par rapport à un scénario à trois mille qui avait été avancé. Un travail complémentaire a permis de sélectionner 336 sites pour le réseau de référence. À cela ont été ajoutés les sites pour le contrôle opérationnel (en plus de ceux déjà repris dans le RCS pour garantir sa représentativité), soit 2 808 sites supplémentaires en 2021, portant le nombre de sites surveillés au titre de la DCE au niveau national à 4 634.

L'échelle d'intégration de l'information et de rapportage européen⁴

Stéphane Stroffek

Il a fallu décliner concrètement une notion totalement nouvelle : la masse d'eau, traduction relativement peu communicante des termes *Water Body*. La DCE a défini par cette notion la précision spatiale attendue par le niveau européen pour évaluer l'état des milieux aquatiques (cours d'eau, plans d'eau, eaux de transition saumâtres et eaux côtières) et rendre compte des politiques de restauration mises en œuvre en application des plans de gestion (SDAGE pour la France) et des programmes de mesures de restauration demandés par la DCE sur trois cycles de six ans sur la période 2010-2027. Et parce qu'à une masse d'eau ne peut être associée qu'une seule classe d'état écologique et que cet état doit rendre compte des effets des pressions humaines évalués par comparaison à des références non perturbées, un premier travail a consisté à définir les critères pour délimiter les masses d'eau : changements de types naturels et présence de pressions majeures. Le défi consistait à utiliser des couches d'informations homogènes pour l'ensemble du territoire national pour rapidement proposer ce cadre général, indispensable à la production du référentiel des masses d'eau qui devait être utilisé pour produire en 2005 les états des lieux des grands bassins hydrographiques, documents préparatoires aux premiers plans de gestion 2010-2015.

Yves Souchon

La notion d'échelle spatiale et surtout sa maîtrise sont primordiales dans toutes les approches écologiques. La maille standard de la masse d'eau est commode à l'échelle européenne, mais souvent trop grande pour représenter efficacement la variabilité intra maille et

3. L'institut est devenu Irstea en 2012 puis INRAE en 2020.

4. Bilan régulier de l'ensemble du processus à l'Europe.

cibler au mieux des altérations ou rejets à corriger. Ce point est discuté plus en détail dans l'article sur Syrah (voir l'article de Valette *et al.*, p. 56-65 dans ce même numéro). La solution technique repose dans la construction de couches d'informations numérisées, élaborées chacune à leur grain pertinent, puis manipulées sous système d'information géographique, et agrégées ou désagrégées à différentes échelles en fonction des besoins.

La refonte des méthodes de bio-indication

Stéphane Stroffek

La traduction concrète d'état, et plus particulièrement d'état écologique, est rapidement apparue comme un défi majeur à relever, aussi bien pour aboutir à une compréhension commune que pour en donner les modalités d'application. L'atteinte du bon état écologique pour toutes les masses d'eau en 2015 a vite été comprise comme le principal enjeu, au moins en termes de communication, même si elle ne constitue qu'un des quatre objectifs de la DCE : (i) non-dégradation, (ii) réduction des rejets et émissions de substances (micropolluants minéraux et organiques), (iii) réduction des pressions de toutes natures pour la restauration des milieux et l'atteinte du bon état et (iv) respect des objectifs attachés aux zones protégées. Très rapidement, des groupes de travail européens ont produit des recommandations⁵ pour préciser ce que recouvre cette notion d'état écologique et la manière d'en définir chacune des cinq classes.

Pour appliquer en France ces recommandations et produire les indicateurs pour chacun des éléments de qualité requis, il a fallu rapidement rendre compatibles les indicateurs biologiques déjà utilisés (par exemple, ceux concernant les diatomées et les macro-invertébrés) et en produire de nouveaux (par exemple, pour les poissons). L'enjeu était de proposer des bioindicateurs répondant à la plus large gamme de pressions anthropiques possible et de fournir une interprétation de ces indicateurs par une discrétisation en cinq classes d'une mesure de l'écart avec les valeurs des indices biologiques observées en conditions non ou très peu perturbées. On n'en était pas là pour la très grande majorité des indicateurs utilisés à la fin des années 1990 : pour les macro-invertébrés des cours d'eau, l'indicateur IBGN⁶ était principalement construit autour de la réponse aux pollutions par les matières organiques et oxydables et son interprétation se faisait par comparaison à une valeur unique. Dans un premier temps, l'interprétation a dû être régionalisée (IBGN-DCE) puis un autre indicateur, sensible à une plus large gamme de pressions, a été développé (I2M2⁷).

Yves Souchon

La notion d'état écologique a fait couler beaucoup d'encre et a eu beaucoup de détracteurs. Parmi ceux-ci, on rencontre les nostalgiques de l'évaluation par les critères physico-chimiques, certes plus simples à manipuler avec des valeurs seuils, mais très incomplets par rapport à l'ambition d'une approche plus intégratrice. Également ceux qui y ont vu très (trop ?) vite une emprise hégémonique de la défense de la nature au détriment des autres usages en vigueur. Or, l'évaluation basée sur les réponses biologiques de différents groupes est une assurance pour disposer de capteurs intégrateurs efficaces révélant des dysfonctionnements qui échappent au suivi partiel d'autres paramètres. Remettrait-on en cause le

rôle historique d'alerte des canaris dans la mine, ou des truitomètres dans les usines d'eau potable ? L'état écologique sert de révélateur de situations qu'il s'agit ensuite de comprendre et de contextualiser avec l'hydromorphologie, la physico-chimie et les pressions.

D'un point de vue scientifique, l'adaptation des différents bioindicateurs a mobilisé plusieurs équipes, et a représenté le poste majoritaire en volume de travail. Plusieurs exemples de développement sont détaillés dans ce numéro. S'y ajoutent tous les travaux de normalisation, de formation aux nouveaux outils, et de représentation au sein de la structure commune Aquaref, qu'ont assuré ou assuré encore les spécialistes des méthodes.

L'appréciation des pressions

Stéphane Stroffek

La DCE a aidé à raisonner de façon globale en établissant d'une part l'état des hydrosystèmes par les méthodes évoquées, et en caractérisant d'autre part les pressions humaines susceptibles d'être à l'origine de cet état pour l'ensemble du territoire national. Si les rejets polluants ponctuels urbains et industriels étaient relativement bien caractérisés et leurs impacts modélisés par les outils utilisés et parfois développés dans chacun des grands bassins, il n'en était pas de même s'agissant des pressions sur l'hydrologie et la morphologie ainsi que sur la connectivité entre masses d'eau. Le système relationnel d'audit de l'hydromorphologie des cours d'eau (Syrah-CE pour la métropole, Rhum pour les départements d'outremer), les outils de caractérisation des zones littorales et des berges de plans d'eau (CharLi et AlBer) sont des exemples d'innovations dans ce domaine. L'enjeu était non seulement de caractériser chaque masse d'eau, mais également de produire des données à différentes échelles pour *in fine* fournir des risques d'altération des processus physiques qui tiennent compte des emboitements d'échelles. Ces outils auront permis d'éviter le piège potentiel de l'échelle de la masse d'eau, en proposant des diagnostics à des échelles plus larges et plus pertinentes pour bien identifier les causes pouvant empêcher l'atteinte du bon état. Dès le début des années 2000, le distinguo avait été clairement fait entre deux principales échelles que sont la masse d'eau – identifiée comme une unité spatiale d'évaluation, d'une part – et le bassin versant – identifié comme étant en général la bonne échelle de gestion, d'autre part. Pour les pollutions diffuses, divers outils ont été proposés pour évaluer les risques liés aux usages et émissions de nutriments ou de pesticides ; ils ont parfois été jugés peu satisfaisants. D'autres approches ont pu être proposées par les bassins pour mettre en relation l'occupation des sols et les pratiques dans les territoires et certains descripteurs de l'état des milieux. L'intérêt de ces outils est qu'ils permettent de porter un premier diagnostic sur les risques pesant sur les masses d'eau. Celui-ci est ensuite mis à la consultation des acteurs locaux pour préciser ou ajuster le diagnostic, ce qui permet de

5. *WFD guidance* : documents en appui à la stratégie de mise en œuvre commune voulue par la Commission européenne, travaux du Comité européen de normalisation – CEN.

6. Indice biologique global normalisé.

7. Indice invertébrés multimétrique.

❶ En France, les cours d'eau sont riches d'une grande diversité de milieux naturels qui peuvent être impactés par un large panel de pressions anthropiques.



garantir la traçabilité et la transparence des états des lieux des grands bassins, mais aussi la meilleure appropriation possible de ces diagnostics qui constituent le socle sur lequel se construisent ensuite les programmes de mesures de restauration.

La cohérence et l'articulation entre l'évaluation de l'état des masses d'eau et la caractérisation des pressions constituent un enjeu majeur. Comme on l'a vu, les bioindicateurs développés l'ont été pour rendre compte des effets des activités humaines sur la structure et la composition des peuplements. Des travaux ont été engagés et sont encore en cours pour mieux apprécier le rôle de soutien des éléments de qualité non biologiques (paramètres de la physico-chimie, descripteurs de l'hydromorphologie) aux éléments de qualité biologiques. Il s'agit en effet de consolider les évaluations qui, depuis la publication de la DCE, donnent la primauté à la biologie pour apprécier l'état écologique des milieux aquatiques.

Yves Souchon

Pour relever des défis concernant les dimensions physiques des hydrosystèmes, entièrement nouveaux à l'échelle de tout un pays, les équipes ont tout construit, depuis la sélection des données pertinentes, les protocoles d'acquisition, soit sur le terrain, soit dans des couches géographiques numérisées, leur bancarisation, et leur traitement. Ceci est développé dans certains des articles du présent numéro. Ce fut l'occasion d'introduire des logiques nouvelles de raisonnements plus probabilistes dans un univers technique et scientifique dominé par des approches mécanistes très paramétrées.

Par ailleurs, la thématique rejoint le champ des travaux scientifiques sur les effets combinés des stressés multiples qui sont en forte croissance depuis 2010. L'accès privilégié aux données nationales nouvellement acquises, et surtout la très bonne connaissance de leur nature, de leur pertinence et de leurs limites, nous a permis différentes explorations des relations pressions-impacts très complexes, qui reste un thème à poursuivre.

Modélisations des relations pressions impacts

Stéphane Stroffek

La modélisation de l'état des eaux à partir de la connaissance des pressions des activités humaines et des facteurs de forçage naturels constituent un enjeu très fort pour fiabiliser l'évaluation de l'état des masses d'eau, notamment quand on extrapole les observations faites sur un site à l'ensemble d'une masse d'eau, ou quand on doit évaluer l'état de masses d'eau qui ne sont pas surveillées. Cette voie a déjà été explorée en partie par Villeneuve et ses collègues pour les cours d'eau (voir l'article de Villeneuve *et al.*, p. 38-43 dans ce même numéro) : elle ouvre des perspectives pour améliorer la surveillance et mieux caractériser les pressions humaines les plus significatives. Les travaux seront à poursuivre pour renforcer la cohérence entre l'évaluation des pressions estimées comme pouvant empêcher l'atteinte du bon état et l'évaluation de l'état des eaux d'une part, et permettre d'apprécier les incidences sur cet état de scénarios d'évolution des pressions, d'autre part.

Ces travaux sont également nécessaires, mais pas suffisants à eux seuls, pour éclairer les gestionnaires sur l'ambition à donner aux actions de restauration qu'ils auraient à engager pour une amélioration significative des communautés aquatiques. Pour ce faire, les apports de la modélisation doivent se conjuguer avec les études et les retours d'expérience locaux pour mieux comprendre quels sont les critères et les conditions d'efficacité des mesures de restauration. Dans cette perspective, des prescriptions ont été proposées pour constituer la base minimale de production de données de monitoring des effets de la restauration venant alimenter une base de données nationale exploitable, gérée par l'OFB, permettant un retour d'expérience sur ces « sites de démonstration ».

Yves Souchon

La modélisation des relations pressions-impacts est le prolongement naturel des travaux entrepris sur l'aide à la caractérisation des pressions. Nous avons proposé pour

► cela différents cadres méthodologiques, l'un à base de régressions PLS (*Partial Least Squares projection to latent structures*), l'autre à base de réseaux bayésiens et publié ces premiers travaux. Ils demanderaient d'autres explorations. Certaines sont en cours avec l'inclusion de données sur la biodisponibilité de certains toxiques, d'autres se feront au fur et à mesure de l'enrichissement des jeux de données (durée des séries, nature des paramètres...).

En guise de conclusion

Stéphane Stroffek

Nous avons rappelé les travaux engagés dès la publication de la DCE pour valoriser le plus possible les informations et données existantes et disponibles, et jeter les bases techniques du premier plan de gestion 2010-2015 puis affiner les outils proposés au fil des deux autres cycles de gestion et leur donner du sens au regard non seulement de l'état des milieux mais aussi de leur fonctionnement.

Au fil de ces vingt dernières années, sont apparues des évolutions technologiques considérables : images satellitaires, télédétection et imagerie haute résolution, usage de drones, utilisation de l'ADN – dont l'ADN environnemental, etc., qui devraient considérablement faire augmenter les unités d'information à partir desquelles les diagnostics de risque et d'état pourront être établis. Ces outils sont/seront mis au service de l'intelligence collective mobilisée pour appuyer la mise en œuvre de la DCE, en France et en Europe.

Deux points de vigilance resteront, en l'état actuel du contenu de la réglementation et notamment celui de la DCE : l'état écologique est un indicateur qui exprime un objectif à atteindre (ou à défaut, vers lequel il faut tendre). La limite du bon état écologique n'a pas grand-chose à voir avec la science, si ce n'est qu'elle devrait permettre de repérer une zone (et non pas une limite précise) qui peut constituer un point de bascule entre un fonctionnement résilient et un fonctionnement qui ne l'est pas. Il s'agit surtout d'un compromis politique, construit sur des bases techniques. Cette limite devrait permettre de définir la valeur cible de l'indicateur à atteindre pour définir les conditions de conciliation des activités humaines avec le maintien de milieux aquatiques résilients et en bon fonctionnement. La question est difficile dans le contexte actuel où les effets du changement climatiques sont déjà très présents.

L'état écologique et ses métriques constitutives sont la résultante, parfois différée dans le temps et/ou l'espace, du développement de pressions ou de mesures de restauration, par ailleurs bruitées par une variabilité naturelle. De ce fait, son interprétation n'a de sens que sur un pas de temps de l'ordre de quinze à vingt ans : l'utiliser comme indicateur de résultat d'une politique sur des pas de temps courts (évaluation sur trois années de données, bilans établis tous les six ans) constitue un paradoxe. Les bénéfices sur l'environnement de la politique de l'eau s'apprécient sur le temps long : cela a bien été démontré pour les actions de réduction de la pollution par les matières organiques ou les nutriments dont les effets sur les paramètres de la physicochimie de l'eau sont visibles sur un pas de temps d'au moins vingt ans.

Ceci est d'autant plus vrai pour un indicateur tel que l'état écologique très intégrateur puisqu'il est construit sur une large gamme de compartiments biologiques et ne peut évoluer que si tous les compartiments évoluent d'au moins une classe.

Pour toutes ces raisons, l'état écologique observé sur une masse d'eau ne peut à lui seul constituer un indicateur sur l'opportunité à agir ou à ne pas agir. Cette opportunité doit plutôt résulter de l'analyse des risques liés aux pressions en présence et à leurs effets les plus probables évalués sur la base de relations statistiques entre pressions et états établies sur la base des données disponibles, ou à produire pour améliorer ces relations.

Yves Souchon

La littérature scientifique en écologie répète à l'envi qu'il est nécessaire de promouvoir des approches plus holistiques, avec une inflation de néologismes tels que « *river-scape* », hydrosystèmes complexes et plus récemment macrosystèmes. Mais rares sont encore ces types d'approche déployés en vraie grandeur. La DCE nous a offert l'opportunité d'accompagner une politique publique à l'échelle de tout un pays, très diversifié géographiquement et humainement, plus que beaucoup d'autres pays européens. J'espère que nous y avons apporté une aide à la réalisation et des outils utiles.

Les jeux de données des réseaux de surveillance opérationnelle, tels qu'ils sont déployés, avec des stations fixes pérennes et non tirées au sort à chaque inventaire de qualité (logique en vigueur par exemple aux États-Unis), constituent un observatoire très précieux des évolutions temporelles des communautés aquatiques, notamment au cours des dix à quinze dernières années très marquées par des périodes de fortes températures, et une hydrologie des extrêmes bousculée.

Par ailleurs, la caractérisation du cadre physique et de ses risques d'altération a permis de mieux maîtriser les contraintes existantes et d'en apprécier le degré de réversibilité. Il a aussi enrichi l'analyse des réponses écologiques des différents groupes à la base de l'établissement de l'état écologique. De nombreux prolongements sont envisageables, qui concernent la définition d'enveloppes spatiales de protection et leur vulnérabilité (ex. : réservoirs biologiques), l'appréciation du degré de résilience actuel des différents tronçons de cours d'eau, la caractérisation de la sensibilité aux changements globaux de ces tronçons sous différents scénarios...

La vie des hydrosystèmes ne sera jamais un mésocosme tranquille... ■

Les auteurs

Yves SOUCHON

INRAE, UR RiverLy,
5 rue de la Doua, CS 20244,
F-69625 Villeurbanne, France.
✉ yves.souchon@inrae.fr

Stéphane STROFFEK

Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse,
2,4 allée de Lodz, F-69363 Lyon Cedex 07, France.
✉ stephane.stroffek@eaurmc.fr



Les eaux doivent atteindre un bon état chimique et écologique afin de protéger la santé de l'homme, l'approvisionnement en eau, les écosystèmes naturels et la biodiversité.

Focus

Partage d'expériences d'EDF sur la mise en œuvre de la directive cadre européenne sur l'eau

Dans le cadre de la mise en œuvre de la directive cadre européenne sur l'eau, EDF a mobilisé ses équipes de recherche pour apporter une expertise sur les bioindicateurs poissons retenus pour l'évaluation de l'état écologique des masses d'eau. Menés en collaboration avec INRAE et l'Office français de la biodiversité, des travaux sur l'application de l'indice poisson rivière dans plusieurs contextes piscicoles situés à proximité d'aménagements de production d'électricité ont permis de cerner les limites d'application et de tester la robustesse de cet indicateur, contribuant ainsi à sa notice d'utilisation.



Dans les barrages et lacs de retenues qu'EDF exploite, l'entreprise gère 75 % des eaux de surface de France métropolitaine. Principalement dédiée à l'alimentation des centrales hydrauliques, la ressource en eau assure également le refroidissement des centrales thermiques ou nucléaires. Au-delà des activités industrielles du groupe EDF, l'eau est aussi partagée et redistribuée pour plusieurs usages (eau potable pour les villes, irrigation pour les agriculteurs, pratique des sports d'eau vive). La gestion partagée de l'eau se fait en concertation avec les différentes parties prenantes, en particulier les collectivités locales et les agences de l'eau. En tant qu'utilisateur et gestionnaire d'eaux de surface, EDF contribue pleinement à l'atteinte du bon état écologique défini dans le cadre de la directive cadre européenne sur l'eau (DCE).

L'évaluation de l'état écologique des masses d'eau est réalisée à travers l'utilisation d'indicateurs biologiques. Tous les compartiments biologiques, tels que les diatomées, les macro-invertébrés, les macrophytes et les poissons sont concernés et doivent être intégrés dans l'évaluation. La circulaire de juillet 2005 (Ministère de l'Écologie et du Développement durable, 2005) mentionne les trois indicateurs biologiques retenus pour la définition du bon état écologique des cours d'eau à cette date, notamment l'indice poissons rivière (IPR) pour les poissons. L'IPR est alors un indicateur très récent, normalisé en 2004 par l'AFNOR puis révisé en 2011 (AFNOR, 2011). Il satisfait en partie aux exigences de la DCE, notamment car sa note reflète l'écart entre le peuplement de poissons observé et le peuplement théorique de référence attendu en situation pas ou très peu impactée. L'IPR a été développé à partir des échantillonnages disponibles, principalement localisés sur des cours d'eau de taille petite à moyenne. Or les aménagements de production d'électricité sont situés en grand cours d'eau pour les CNPE (centre nucléaire de production d'électricité) et majoritairement en petit cours d'eau de montage pour les aménagements hydroélectriques. Ces contextes

piscicoles sont très peu représentés dans le jeu de données de modélisation de l'IPR. EDF s'interroge alors sur la réponse de l'IPR aux pressions à proximité des aménagements de production d'électricité (spécificité, pertinence...). La direction « Recherche et développement » d'EDF (EDF R&D) s'est donc mobilisée dès la transposition en loi française de la DCE en 2004 (Journal officiel de la République française, 2004) pour fournir une expertise sur les bioindicateurs à appliquer, notamment pour le compartiment poissons.

Expertise EDF R&D sur les bioindicateurs poissons

Différentes applications de l'IPR ont été menées par EDF R&D, en collaboration avec l'Office français de la biodiversité (OFB, ex Onema) dans deux contextes piscicoles :

- peuplement piscicole de grand cours d'eau à proximité du CNPE de Bugey sur le Rhône (Delattre et Sabaton, 2005) ;
- peuplement typique des zones salmonicoles, dominé par la truite, à proximité d'aménagements hydroélectriques (Tissot et Sabaton, 2007).

L'objectif était d'évaluer la variabilité interannuelle de l'indicateur dans ces contextes d'intérêt pour EDF. Ces applications ont été rendues possibles grâce aux suivis à long terme (sur plusieurs décennies) financés par EDF à proximité de certains aménagements exploités.

L'application de l'IPR a été réalisée dès 2005 sur les données recueillies de 1979 à 2003 sur le Rhône dans le cadre du suivi hydro-écologique du CNPE de Bugey (Delattre et Sabaton, 2005). Cette application sur un grand cours d'eau abritant un peuplement dominé par le spirilin (*Alburnoides bipunctatus*), le chevaine (*Squalius cephalus*), le hotu (*Chondrostoma nasus*) et le barbeau (*Barbus barbus*), a montré de très fortes variations interannuelles de l'indice : la classe de qualité donnée par l'IPR varie de très bonne certaines années à très mauvaise pour d'autres (figure 1).

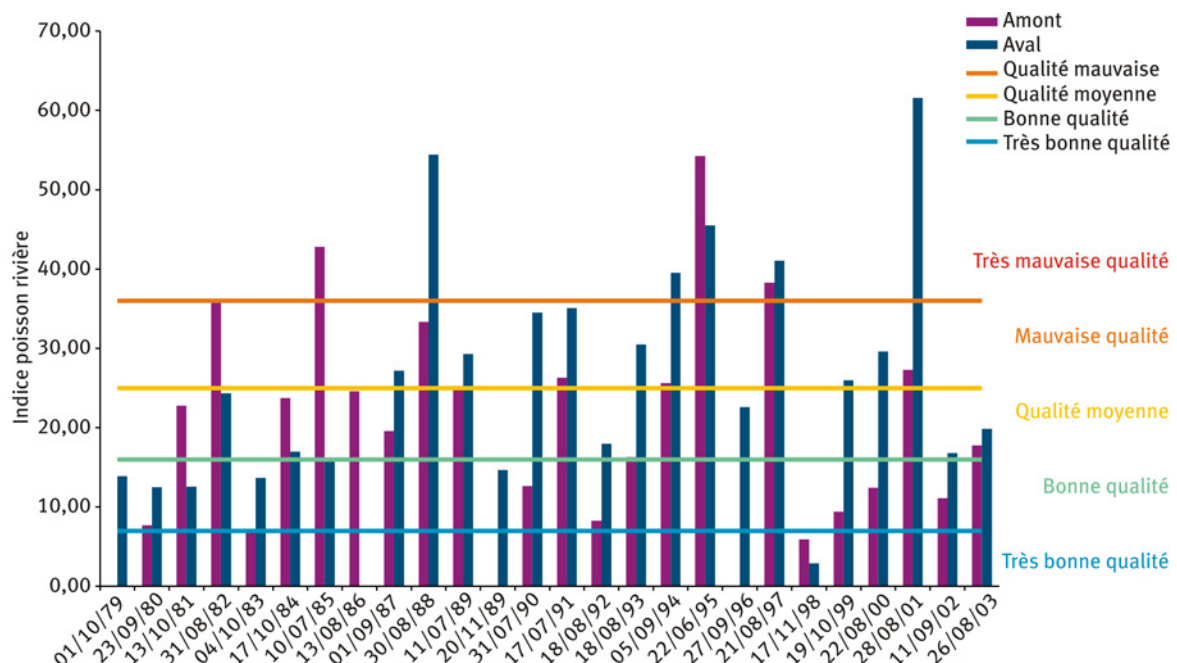
Cette application de l'IPR en grand cours d'eau pose la question de la variabilité de l'échantillonnage et/ou du peuplement, du choix des références et des métriques à retenir pour les grands milieux, et par conséquent de l'interprétation des notes de l'indice à ce type de cours d'eau. Un nombre d'espèces inférieur à 10 ou un nombre total d'individus pêchés inférieur à 170 entraîne systématiquement une mauvaise note. Ces éléments ont permis de mettre en évidence avec INRAE (ex Irstea) une stabilisation de l'indice à partir d'un nombre de poissons pêchés de l'ordre de 200 à 300 individus. Il semble alors que pour un cours d'eau tel que le Rhône, il y aurait un nombre minimal de poissons à pêcher pour avoir une image correcte du peuplement. Ce résultat interroge également la représentativité de l'échantillonnage par pêche électrique en grand milieu.

L'IPR a ensuite été appliqué sur 18 stations situées en zone salmonicole, à partir de 136 échantillonnages menés entre 1994 et 2005 (Tissot et Sabaton, 2007). Sur ces stations, le peuplement de poissons est composé majoritairement de truite commune (*Salmo trutta*). L'IPR donne une qualité presque toujours bonne à très bonne pour l'ensemble des échantillonnages, conformément aux avis d'experts généralement donnés pour ces cours d'eau de montagne, impactés ponctuellement par des aménagements hydroélectriques à faible capacité de stockage. Par ailleurs, la note de l'IPR est moins variable que les fluctuations interannuelles de densités observées. Il permet donc de juger de manière stable la qualité de ces stations où les densités de poissons sont naturellement très fluctuantes. Pour autant, l'IPR semble parfois ne pas évaluer correctement la population attendue. C'est le cas pour certaines stations d'étude considérées par les experts locaux comme des tronçons « à truite » en

raison de leurs caractéristiques morphologiques et abritant effectivement un peuplement à majorité de truite ; l'IPR y prédit pourtant un peuplement mixte, représentatif de tronçon de rivière plus aval. Il conviendrait sans doute de vérifier les caractéristiques des stations de ce type situées dans ces mêmes régions, qui sont utilisées pour calibrer les modèles de référence. Il paraîtrait également intéressant d'étudier plus finement l'influence de certains prédicteurs (largeur, profondeur) du peuplement théorique de l'indicateur, qui sont sensibles aux modifications anthropiques du milieu et peuvent conduire à certains biais lors de la prédiction du peuplement théorique. Enfin, le poids de la présence de quelques individus d'une ou deux espèces dites « accompagnatrices » dans les cours d'eau salmonicoles est élevé par rapport au poids du paramètre « densité », ce qui n'est pas adapté pour ces petits cours d'eau à population monospécifique. Il faut en effet noter ici l'importance, en terme de réponse de l'IPR, de la présence de ces espèces peu abondantes (et souvent également peu réactives à l'électricité utilisée lors des échantillonnages, comme le chabot et l'anguille). Cela pose la question de la représentativité du peuplement échantillonné quand on utilise, comme c'est le cas, les résultats du seul premier passage de pêche.

Dans le cadre de la mise en place de la DCE, un regroupement européen de chercheurs et de gestionnaires a proposé de développer un indice européen d'évaluation de la qualité des cours d'eau à partir du peuplement de poissons dans le cadre du programme FAME (*Development, Evaluation & Implementation of a Standardised Fish-based Assessment Method for the Ecological Status of European Rivers*). L'indice poisson européen (*European Fish Index* ou EFI) a ainsi vu le jour en 2004 (FAME, consortium 2005). Il a permis de réaliser l'exer-

❶ Évolution de l'indice poissons rivière (IPR) en amont et en aval du CNPE de Bugey de 1979 à 2003 (Delattre et Sabaton, 2005).



► cice d'intercalibration des indicateurs poissons proposés par chaque État membre pour l'évaluation de l'état écologique des cours d'eau. Il était également destiné aux États membres qui ne souhaitaient pas développer leur propre indicateur national. L'application de cet indice a été réalisée sur les mêmes sites que l'IPR, dans le but de mieux cerner la réponse respective de ces deux indices (Tissot, 2009).

L'indice poisson européen, du fait de sa construction (indice composé de la moyenne et non plus de la somme des métriques le constituant, élaboration à l'échelle européenne), présente des variations interannuelles plus tamponnées que l'indice poisson français (figure 2).

L'EFI permet de juger de manière stable la qualité d'une station soumise naturellement à de fortes fluctuations interannuelles du peuplement. Ce résultat est un élément clef car l'évaluation de l'état écologique doit intégrer ces fluctuations naturelles sans pénaliser les années limitées naturellement par les conditions climatiques défavorables par exemple. En tronçon salmonicole naturellement à faible richesse spécifique, la présence d'une espèce supplémentaire une année peut engendrer une diminution de la qualité estimée par l'EFI, notamment si cette espèce est synonyme de perturbation du milieu.

Travail collaboratif avec INRAE et l'OFB

L'ensemble de ces travaux a été mené en étroite collaboration avec l'équipe INRAE en charge du développement de l'IPR et avec l'OFB en charge de son application. Tous les rapports produits sur le sujet sont en accessibilité libre (sur demande). Ces applications sur un large jeu de données ont permis de mieux cerner les limites d'application et la robustesse de ces indicateurs. Ils ont contribué à la notice d'utilisation de l'IPR, publiée en 2006 par l'OFB (Belliard et Roset, 2006), dans laquelle est mentionnée que l'IPR est un « outil global qui fournit une évaluation synthétique de l'état des peuplements piscicoles » et qu'il

« ne peut en aucun cas se substituer à une étude détaillée destinée à préciser les impacts d'une perturbation donnée ». L'OFB précise en outre que « dans les cours d'eau les plus grands, les résultats de l'IPR doivent être considérés avec prudence du fait du très faible nombre de stations de ce type utilisées pour la mise au point des modèles de référence ». Enfin, ce document note que l'IPR « se révèle relativement peu sensible dans le cas des cours d'eau naturellement pauvres en espèces (une à trois espèces) ».

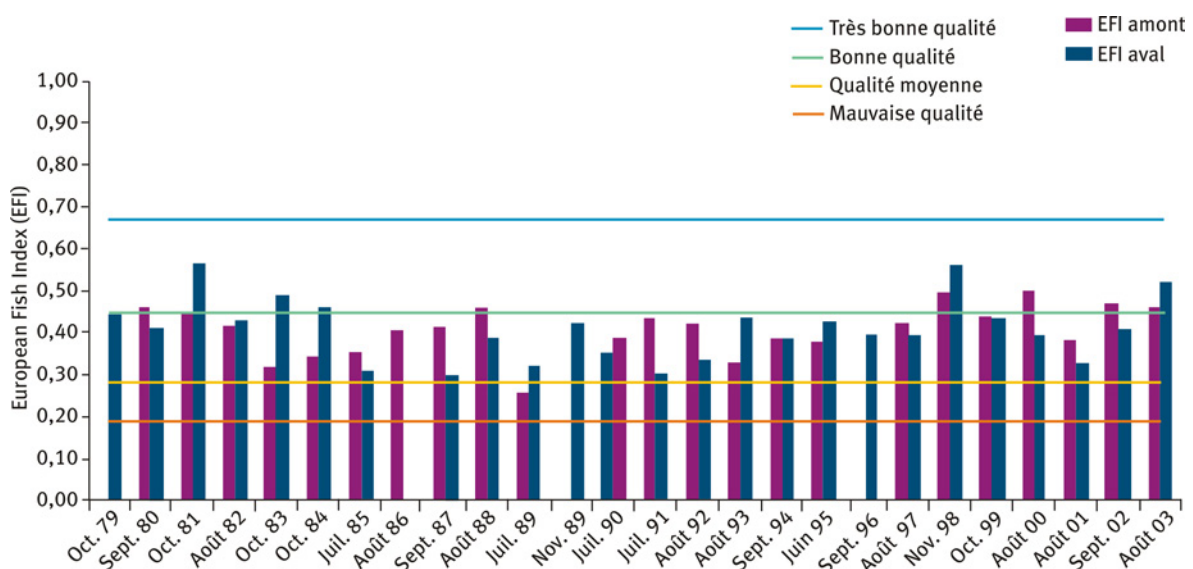
Mise en perspective de ces travaux

Les indices poissons développés pour l'évaluation de l'état écologique des masses d'eau dans le cadre de la DCE fournissent une évaluation synthétique de l'état des peuplements piscicoles, adaptée à une inter-comparaison des cours d'eau à large échelle. Quant à l'évaluation de l'impact d'une perturbation donnée, comme la présence et l'exploitation des aménagements de production d'électricité, elle ne peut être réalisée qu'à travers un diagnostic fin de manière à successivement :

- caractériser le linéaire impacté (empreinte spatiale de l'impact) ;
- identifier les activités anthropiques et le contexte naturel (morphologique, biogéographique, géologique, climatique), qui sont à l'origine, respectivement des pressions exercées et de la sensibilité du milieu récepteur ;
- évaluer le niveau de perturbation qui résulte de la combinaison des pressions et de la sensibilité du milieu récepteur ;
- identifier comment les pressions générées se traduisent dans des milieux le plus souvent multi-impactés et en évolution en raison des changements globaux.

Les incertitudes sur l'évaluation de l'état écologique issue des bioindicateurs conduisent l'État français à se baser essentiellement sur l'évaluation des pressions pour

2 Évolution de l'European Fish Index (EFI) en amont et en aval du CNPE de Bugey de 1979 à 2003 (Tissot, 2009).





① Les indices poissons développés dans le cadre de la directive cadre européenne sur l'eau fournissent une évaluation synthétique adaptée à une inter-comparaison des cours d'eau à large échelle, mais pas à l'évaluation de l'impact des aménagements.

© G. Carrel - INRAE

orienter la gestion des milieux aquatiques (notamment via les schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux ou SDAGE¹ pour les eaux douces et les documents stratégiques de façade ou DSF² pour le littoral et le milieu marin) et identifier les mesures efficaces à mettre en œuvre pour le milieu. Sur ce point, la DCE a introduit la notion de « coût-efficacité » des mesures : « les mesures à mettre en œuvre pour les masses d'eau identifiées dans l'état des lieux comme risquant de ne pas satisfaire aux objectifs de qualité environnementale font l'objet d'une analyse économique préalable afin de rechercher leur combinaison la plus efficace à un moindre coût » (Ministère de l'Écologie et du Développement durable, 2005). La notion de « coût disproportionné » est également mentionnée à plusieurs reprises dans la DCE. Pour autant, il

manque encore d'outils partagés pour réaliser ce type d'études coût-efficacité. Ce besoin risque d'être de plus en plus prégnant dans le contexte de changement climatique, qui va augmenter les conflits d'usage et la nécessité d'identifier les bons leviers d'actions. ■

Les auteurs

Laurence TISSOT-REY et Véronique GOURAUD

EDF R&D, département LNHE France,
6 quai Watier,

F-78401 Chatou Cedex, France.

✉ laurence.tissot@edf.fr

✉ veronique.gouraud@edf.fr

1. <https://www.gesteau.fr/presentation/sdage>

2. <https://www.merlittoral2030.gouv.fr/comprendre/de-quoi-se-compose-le-document-strategique-de-facade-dsf>

EN SAVOIR PLUS...

- 📄 **AFNOR**, 2011, Qualité de l'eau. Détermination de l'indice poissons rivière (IPR), T 90-344, 17 p.
- 📄 **BELLIARD, J., ROSET, N.**, 2006, *L'indice poissons rivière (IPR) : Notice de présentation et d'utilisation*, Conseil Supérieur de la Pêche, 24 p.
- 📄 **DELATRE, C., SABATON, C.**, 2005, *Indice poisson français - Premières applications sur le site de Bugey*, EDF R&D, 25 p.
- 📄 **FAME consortium**, 2005, *Manual for the application of the European Fish Index - EFI. A fish-based method to assess the ecological status of European rivers in support of the Water Framework Directive*, 92 p.
- 📄 **JOURNAL OFFICIEL DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE**, 2004, Loi n° 2004-338 du 21 avril 2004 portant transposition de la directive 2000/60/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau, 2004-338, 3 p.
- 📄 **MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE**, 2005, Décret n°2005-475 du 16 mai 2005 relatif aux schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux, 2005-475, 6 p.
- 📄 **MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE**, 2005, Circulaire DCE 2005/12 relative à la définition du « bon état » et à la constitution des référentiels pour les eaux douces de surface (cours d'eau, plans d'eau), en application de la directive européenne 2000/60/DCE du 23 octobre 2000, ainsi qu'à la démarche à adopter pendant la phase transitoire (2005-2007), DE / MAGE / BEMA 05 / n° 14, 17 p.
- 📄 **TISSOT, L.**, 2009, *Indice Poisson Européen (EFI) : Application sur sept sites hydroélectriques et sur le Rhône - Comparaison des résultats avec ceux obtenus avec l'Indice Poisson Rivière (IPR)*, EDF R&D, 72 p.
- 📄 **TISSOT, L., SABATON, C.**, 2007, *Indice poisson français - Application sur 7 sites hydroélectriques*, EDF R&D, 59 p.

Focus

Aquaref – Quel positionnement pour un laboratoire national de référence pour la surveillance des milieux aquatiques ?

Depuis quinze ans, Aquaref fait partie du paysage français et européen pour la mise en œuvre de la directive cadre européenne sur l'eau (DCE). La mise en place d'Aquaref a-t-elle répondu aux besoins ? Quel positionnement dans un futur proche et pour l'après-DCE ? Quels sont les limites opérationnelles d'Aquaref et comment les dépasser ? Le colloque organisé en 2017 pour les dix ans d'action de ce consortium a mis en évidence un bilan jugé très positif et proposé des voies d'évolution claires pour assurer la pérennité de ce dispositif.

Pourquoi une structure dédiée ? Genèse d'Aquaref

Un nouveau besoin opérationnel pour répondre aux enjeux de la directive cadre européenne sur l'eau (DCE)

Plusieurs types de réseaux de surveillance ont été mis en place pour assurer la collecte des données opérationnelles indispensables pour atteindre l'objectif ambitieux fixé par la DCE, visant le bon état des milieux aquatiques au plus tard en 2027. Rappelons que cet état est défini d'après la qualité écologique, évaluée en cinq classes de qualité sur quatre éléments biologiques¹ et sur les paramètres physico-chimiques de l'eau, et la qualité chimique, évaluée d'après une liste de substances – dites « prioritaires » – dont les concentrations dans le milieu sont comparées chacune à un seuil (les NQE – normes de qualité environnementale). L'état hydromorphologique est également pris en compte pour définir le très bon état écologique, et l'état quantitatif est considéré pour les eaux souterraines. Pour qu'une masse d'eau soit qualifiée en bon état, il faut qu'aucune des substances

prioritaires ne dépasse la NQE qui lui correspond et que les éléments de qualité biologique et les paramètres physico-chimiques soient tous au moins en bon état. Pour la chimie, l'intégration des substances prioritaires dans ce suivi nécessitait la mise en œuvre de nouvelles méthodes de pointe pour atteindre les seuils requis (NQE) ; la méthodologie de l'évaluation et de la surveillance hydrobiologique associée, quant à elle, nécessitait de développer de nouveaux indicateurs pour les différents compartiments biologiques identifiés, compatibles avec les nouvelles prescriptions édictées par la DCE.

Les pouvoirs publics français ont affirmé très tôt le besoin de disposer d'un appui technique et scientifique pour la définition et la mise en œuvre de cette nouvelle surveillance des milieux aquatiques. Ce besoin devait s'inscrire dans un schéma de compétences s'appuyant sur les structures déjà existantes dans les services déconcentrés du ministère en charge de l'environnement (les DIREN, puis DREAL)², et en articulation avec la création de l'Office national de l'eau et des milieux aquatiques (Onema³).

1. Le phytoplancton, les macroinvertébrés benthiques, les algues et les macrophytes (dissociés dans la plupart des méthodes), l'ichtyofaune. Les cinq classes sont le très bon état, le bon état, l'état moyen, l'état médiocre et le mauvais état.

2. DIREN : Directions régionales de l'environnement, fusionnées dans les DREAL : Directions de l'environnement, de l'aménagement et du logement en 2009.

3. L'Onema est devenu l'AFB (Agence française pour la biodiversité) en 2017, puis l'OFB (Office français de la biodiversité) en 2020.

Une mobilisation collaborative des établissements scientifiques et techniques dans l'appui aux politiques publiques

Suivant les préconisations du rapport de l'Inspection générale de l'environnement du 20 juillet 2006 (Durand *et al.*, 2006), le consortium Aquaref⁴, « Laboratoire de référence pour la surveillance des milieux aquatiques » a été créé en 2007. Il regroupe cinq établissements publics exerçant dans le domaine de l'eau : l'Ineris, le Cemagref (devenu Irstea puis fusionné avec l'INRA dans INRAE en 2020), le BRGM, l'Ifremer et le LNE, sous le pilotage de l'Ineris. Chacun de ces établissements était engagé de longue date dans la recherche finalisée et l'appui aux politiques publiques pour la surveillance et l'évaluation environnementale, avec des spécialisations complémentaires. Initialement pensé sur les problématiques de surveillance chimique, le programme Aquaref a aussi intégré dès sa construction les thématiques de la surveillance hydrobiologique, afin de répondre spécifiquement au double enjeu explicité par la DCE. Le Cemagref s'y inscrivait pour porter l'ensemble des sujets concernant la surveillance hydrobiologique pour les masses d'eau continentales (rivières et plans d'eau) et, pour partie, de transition (estuaires) (Argillier *et al.*, 2020). La création de ce consortium a permis de mettre en synergie les compétences et les capacités de recherche des cinq instituts et de définir plus précisément les rôles et la contribution de chacun, dans un programme co-construit avec les pouvoirs publics et co-financé par l'Onema (aujourd'hui Office français de la biodiversité). La visibilité de ce laboratoire de référence permet de l'inscrire clairement dans un schéma national rendu règlementaire par l'arrêté de 2010⁵ (figure 1).

Outre la mission d'anticipation des besoins et de veille méthodologique, la feuille de route d'Aquaref comprend également des actions internationales, telles que les interactions avec les autres organismes experts européens au travers de réseaux scientifiques (ex. : NORMAN⁶), la normalisation ou l'appui à l'État français dans les instances de pilotage de la DCE.

Un appui concerté au pilotage de la surveillance

Un programme collaboratif, une synergie de compétences

Le consortium Aquaref est organisé autour de neuf thèmes structurant ses missions principales d'appui technique aux autorités, de développement méthodologique en hydrobiologie et en chimie, de veille technique et scientifique, et de normalisation des méthodes (figure 2). La construction des programmes annuel ou pluriannuel est tournée vers les acteurs de la surveillance, puisque la plupart des actions impliquent des collaborations avec les opérateurs et laboratoires qui interviennent dans les programmes de surveillance nationaux. Le pilotage de plusieurs commissions de normalisation de l'Afnor par Aquaref est un exemple de cette mise en réseau des acteurs, inscrite dans la durée, qui assure l'harmonisation des pratiques et le transfert des connaissances.

4. <https://www.aquaref.fr>

5. Arrêté du 26 juillet 2010 approuvant le schéma national des données sur l'eau, les milieux aquatiques et les services publics d'eau et d'assainissement, modifié en octobre 2018.

6. Network of reference laboratories, research centres and related organisations for monitoring of emerging environmental substances, <http://www.norman-network.net/>

1 Les étapes-clés du programme Aquaref (texte en bleu) et de la mise en œuvre du schéma national des données sur l'eau (texte en vert).

