

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, rénovée 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 bruités 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.