



LES

Rencontres

DE L'ONEMA

Le bon état des milieux aquatiques à la lumière des concepts scientifiques de l'ingénierie écologique

Une session organisée par l'Onema et le conseil scientifique de l'eau et des milieux aquatiques

Offrir un éclairage nouveau sur les enjeux de maintien et de reconquête de la qualité des milieux aquatiques par la communauté scientifique de l'ingénierie écologique, tel était l'objectif de cette session lors du congrès international « *Ecological engineering : from concepts to application* » (CNRS, Paris les 2-4 décembre 2009). Il s'agissait d'apporter un regard différent sur la question de l'atteinte du bon état écologique au sens de la directive cadre sur l'eau (DCE) à la lumière des concepts de l'ingénierie écologique, sans faire toutefois une revue exhaustive des outils de cette discipline.

La directive cadre sur l'eau (DCE) a créé un nouveau paradigme de la compréhension de l'état écologique des eaux en Europe et permis de remarquables avancées scientifiques et techniques via la mise en place d'approches intégrées d'évaluation qui permettent de rendre compte de l'évolution de l'état des milieux aquatiques. L'objectif de la session « Le bon état écologique des eaux : état d'avancement, limites du concept et

opportunités scientifiques » était de mettre en regard cette compréhension de l'état des eaux avec la conception scientifique de l'ingénierie écologique.

Cette dernière est basée sur la réconciliation de nos sociétés humaines avec l'environnement. La définition de cette discipline qui fait actuellement référence est « la conception d'écosystèmes durables qui intègrent la société humaine et son environnement naturel, pour le

bénéfice de ces deux parties ». La santé des écosystèmes est un des principes fondateurs en ingénierie écologique : un écosystème est en bonne santé s'il maintient son organisation et son autonomie dans le temps et s'il est résilient vis-à-vis des éventuels stress auxquels il est soumis. Viser la bonne santé d'un écosystème, c'est « prendre soin » de lui. On passe donc d'une logique curative à une logique d'entretien d'un bien précieux.

La directive cadre sur l'eau

renouvelle la politique européenne de l'eau dans un objectif de protection et de reconquête de la qualité de l'eau et des milieux aquatiques. L'objectif environnemental principal est le « bon état » des eaux au plus tard en 2015. Le bon état recouvre, pour les eaux de surface, un bon état chimique et un bon état écologique. Pour les eaux souterraines, il s'agit d'un bon état chimique et d'un bon état quantitatif. L'atteinte de cet objectif passe par une non-détérioration des ressources en eau et des milieux pour les masses d'eau qui sont considérées comme étant déjà en bon état et par la mise en œuvre de mesures nécessaires au respect des objectifs environnementaux pour les masses d'eau qui n'ont pas encore atteint cet objectif.



© Nicolas Pouliet - Onema

La directive cadre sur l'eau vise l'atteinte du bon état des eaux en 2015

Philippe Maire,
Agence de l'eau Rhin-Meuse

Du point de vue d'une agence de l'eau, la recherche dans le domaine du diagnostic et du génie écologiques est importante pour trois raisons. D'une part, la surveillance de la qualité des milieux aquatiques et leur évaluation reposent sur la base d'indicateurs très intégrés tels que l'état écologique. La fiabilité de ces indicateurs peut et doit augmenter encore en se nourrissant de l'expertise écologique. C'est une condition essentielle à l'acceptation économique et sociétale des efforts demandés. D'autre part, la connaissance des liens pressions/impacts est indispensable pour optimiser les mesures de restauration des milieux aquatiques : comment « répondra » le milieu si l'on diminue telle pression ? Quelles pressions doit-on réduire en priorité au moindre coût pour permettre à une masse d'eau d'atteindre le bon état écologique ? Enfin, les progrès dans le domaine de l'ingénierie écologique produiront de plus en plus de techniques innovantes et alternatives, de mieux en mieux adaptées à la restauration des milieux. Autant d'avancées nécessaires à l'amélioration des opérations de restauration pour lesquelles l'agence accompagne les maîtres d'ouvrage de son expertise et de son aide financière.

Mieux connaître les liens entre pressions et impacts

Sandra Poikane (*Joint Research Centre, Commission européenne*) a rappelé que la DCE exige que l'état écologique des masses d'eau soit évalué à travers une série d'indicateurs qui reposent sur l'observation de la flore et de la faune aquatiques. Plus précisément, quatre catégories d'éléments de qualité sont prises en compte pour développer des indicateurs : phytoplancton, flore aquatique, invertébrés benthiques, poissons. La définition du « bon état » écologique des masses d'eau est basée sur la définition pour chaque indicateur d'un état de référence et des limites entre cinq classes d'état. Le « bon état écologique » est défini comme un léger écart par rapport à un état de référence du milieu non perturbé (*figure 1*).

L'évolution de l'état écologique d'un milieu est représentée en fonction de l'intensité du gradient de pression exercé sur ce milieu par une relation non linéaire. Le retour au bon état ne répond pas linéairement à la diminution des pressions exercées. Ainsi, une meilleure connaissance des

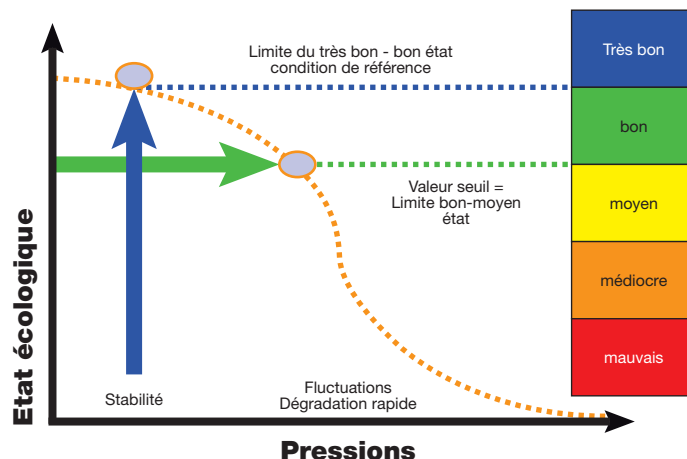


Figure 1 : Evolution de l'état écologique d'un milieu en fonction de l'intensité du gradient de pression exercé sur ce milieu. La DCE a traduit cette évolution en cinq classes d'état - Source : Sandra Poikane, 2009

liens entre les pressions et les impacts sur la biologie devrait permettre de dépasser l'évaluation de l'état écologique pour apprécier plus justement le comportement du milieu, ses perturbations et d'en déduire les mesures possibles de gestion et de restauration. En particulier, il est primordial de comprendre l'effet de l'action combinée de différentes pressions et d'arriver à discriminer les variations naturelles des variations anthropiques.

Héritage culturel et état de référence

Jean-Marie Mouchel (*université Pierre et Marie Curie et programme PIREN-Seine*) a rappelé que le « bon état » écologique est défini comme un léger écart par rapport à un état de référence, état pour lequel on ne dispose pas nécessairement d'un référentiel commun. Les scientifiques basent leur évaluation de la qualité des masses d'eau sur des indicateurs taxonomiques qui prennent bien en compte les diversités spatiales mais n'intègrent souvent pas les

variations temporelles sur le long terme. Jean-Marie Mouchel soutient qu'une approche sur le long terme des indicateurs pourrait permettre de mieux définir l'état de référence et de mieux échanger entre scientifiques et citoyens sur la question du bon « état » écologique car elle ferait davantage référence à des services rendus à la population.

Ainsi sur le bassin de la Seine, globalement, la qualité des eaux de surface est meilleure actuellement que dans les années 1950-1970 grâce au traitement des eaux usées. La qualité des eaux souterraines est par contre dégradée notamment à cause de l'utilisation de nitrates et pesticides par l'agriculture qui s'est intensifiée (*figure 2*).

En se référant aux études des pratiques agricoles, forestières et les aménagements hydrauliques au moyen-âge, réalisées dans le cadre du programme PIREN-Seine, Jean-Marie Mouchel souligne que le cycle de l'azote était alors totalement fermé et pérenne. Par ailleurs, il rappelle que

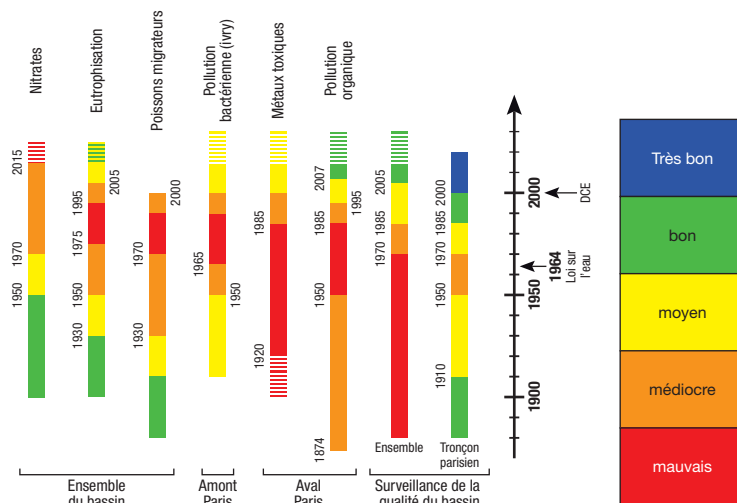


Figure 2 : Evolution historique de la qualité de l'eau de la Seine - Source : Michel Meybeck, 2009

de nombreux canaux et moulins ont été construits à cette époque afin de répondre aux besoins des populations. Certains de ces aménagements sont encore utilisés aujourd'hui. Ces modifications passées doivent-elles être considérées comme un héritage culturel, ou bien comme des modifications de l'état de référence nécessitant de remonter à des époques encore plus anciennes ? Ces questions interrogent sur la définition d'un « état de référence » et la prise en compte de références historiques. En effet, l'état initial, aussi bon soit-il, est quelquefois très éloigné de l'état actuel et peut ne pas être atteignable.

Atteindre un nouvel état durable

Un éclairage pertinent des concepts scientifiques de l'ingénierie écologique pour la compréhension de l'application de la DCE se base sur l'analyse de la différence entre d'une part la restauration d'écosystèmes et, d'autre part, l'entretien d'écosystèmes en « bonne santé ». Dans le but de restaurer des écosystèmes, il est nécessaire d'identifier un état initial, non perturbé, que l'on fixe comme idéal à atteindre. Cependant, comment définir cet état antérieur initial ? Considère-t-on que toutes les modifications de l'homme sur l'écosystème sont des perturbations ou bien que l'homme fait partie de l'écosystème et que certaines modifications, n'affectant pas la durabilité de l'écosystème, peuvent être prises en compte comme caractéristiques de l'état initial de cet écosystème ? Si l'on envisage que le but de l'ingénierie écologique est la santé des écosystèmes (et donc de l'homme), alors on s'affranchit de ce problème de définition d'un état de référence en se concentrant sur le fonctionnement des écosystèmes, leur durabilité et les services qu'ils soutiennent. Ainsi, l'enjeu n'est donc pas de retrouver un état initial mais d'atteindre un nouvel état durable : l'écosystème est capable de s'adapter et de se maintenir dans un environnement changeant, et de fournir des services à la population. Mais la définition d'indicateurs capables de refléter une vision systémique du fonctionnement des milieux et de mesurer la capacité adaptative des milieux (la santé d'un écosystème ou d'une masse d'eau) soulève encore de nombreuses questions de recherche.

Des dynamiques sociales modifiées

Patrick Steyaert (INRA) soutient que l'application de la DCE modifie profondément les dynamiques sociétales d'un territoire : les relations sociales entre acteurs, la compréhension que ces acteurs ont de leur action sur l'environnement, les changements de pratiques. La gestion de ces dynamiques sociétales, en interaction avec les dynamiques naturelles liées au fonctionnement des écosystèmes, sera le principal défi de l'application de la DCE dans les décennies à venir.

La prise en compte de ces dynamiques nécessite de repenser la manière dont on utilise les connaissances scientifiques pour la DCE, pour que celles-ci puissent rendre intelligibles des situations complexes de changement et favoriser les interactions sociales autour des problèmes de gestion de l'environnement (figure 3). En effet,

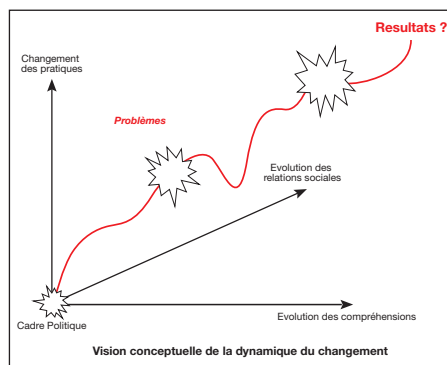


Figure 3 : Vision conceptuelle des dynamiques naturelles et sociétales applicables à la qualité des milieux aquatiques pour la DCE - Source : Patrick Steyaert

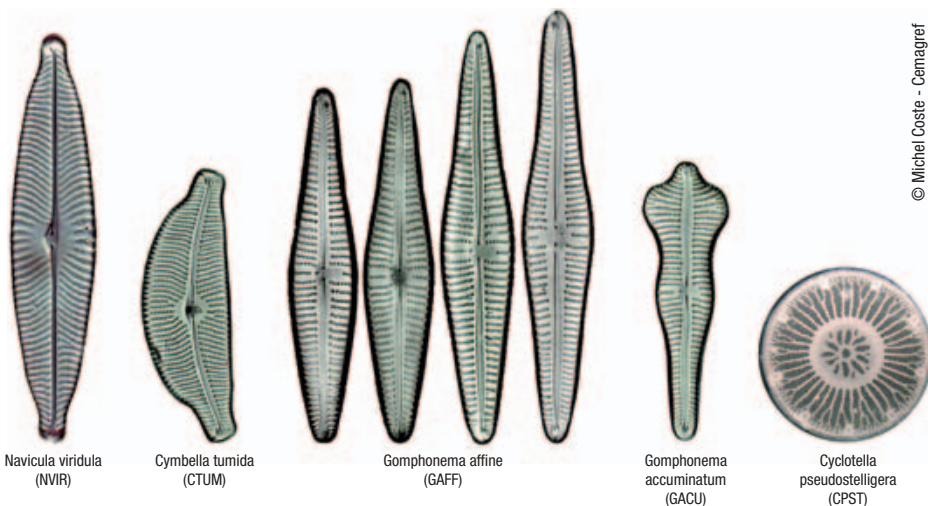
jusqu'à présent, de nombreux experts et scientifiques ont produit des connaissances ou développé des indicateurs afin d'évaluer la qualité de l'eau, des outils économiques pour attribuer un coût à une détérioration

Martin Arnould,
WWF et membre du conseil scientifique

J'ai fait l'expérience d'un désarroi par rapport à la notion de bon état écologique. Pour beaucoup de décideurs, la question n'est pas de savoir comment caractériser scientifiquement un état écologique dynamique, mais de renforcer la légitimité de ce concept vis-à-vis des citoyens pour qu'il puisse fonctionner comme un levier d'action et de modification des pratiques. Si on veut atteindre les résultats imposés par la DCE, il est nécessaire d'accentuer la réflexion sur le dialogue et la participation du public.

de l'environnement ; des modèles pour définir des objectifs de gestion et être en mesure d'évaluer les actions mises en œuvre... Ces connaissances sont produites et utilisées dans une logique principalement prescriptive et dominée par la notion de résultat, sans que soit questionnée leur mobilisation dans les processus d'apprentissage entre acteurs hétérogènes qu'entraîne la mise en œuvre de la directive. Ces processus, qui renvoient à la question de la manière d'appréhender le changement technique et social et la prise de décision dans l'action publique environnementale ont été peu étudiés et demeurent ainsi une « boîte noire ».

La construction d'un cadre permettant de réconcilier les différentes perspectives de mobilisation et de production de connaissances scientifiques pour l'appui à la mise en œuvre des politiques est donc nécessaire. Ceci renvoie notamment à l'analyse de la manière dont l'action publique est organisée et de la place qui est accordée aux dispositifs d'action collective territorialisée dans la définition des problèmes de gestion et dans la conception du changement.



Exemples d'indicateurs biologiques de bon état (vues au microscope photonique)

© Michel Coste - Cemagref

**Giovanni Bidoglio,
Joint Research Centre et membre
du conseil scientifique**

Jusqu'à présent, il n'y avait pas de méthodes pour faire un état des lieux de la qualité écologique des milieux aquatiques ; c'est l'un des résultats majeurs de la DCE, qui a obligé les scientifiques à se mettre pour la première fois ensemble pour essayer de définir un ensemble harmonisé de méthodes, qu'il reste encore à optimiser afin d'être de plus en plus adaptées pour suivre le dynamisme des écosystèmes.

« Biomanipulation » : un exemple danois de restauration des milieux

Au-delà des concepts, les approches scientifiques de l'ingénierie écologique appliquées aux milieux aquatiques proposent des outils concrets de restauration de la qualité des milieux. Un exemple intéressant de restauration, de type « biomanipulation », sur des lacs eutrophisés, a été testé au Danemark. Cet exemple a été présenté lors de l'intervention d'Erik Jeppesen (*National environmental research institute, Danemark*).

En raison d'importants apports de nutriments, causés par le rejet d'eaux usées domestiques, ainsi que d'effluents industriels et agricoles, les lacs peu profonds sont souvent sujets à des phénomènes d'eutrophisation. Dans le but d'améliorer la qualité des eaux et l'état écologique des lacs, notamment en Europe (sous l'influence de la directive cadre sur l'eau), d'importants efforts sont actuellement en cours afin de favoriser le retour vers un état non eutrophisé. Une diminution de l'apport en nutriments est nécessaire mais se heurte à des résistances, aussi bien chimiques que biologiques, car le phénomène

d'eutrophisation n'est pas un mécanisme réversible de façon linéaire. Pour accélérer cette récupération, plusieurs méthodes ont été développées. Une des possibilités de gestion relève du domaine de l'ingénierie écologique. Elle consiste à influencer la régulation des réseaux trophiques des lacs en diminuant la biomasse des poissons zooplanctivores (petites perches, gardons, poissons-chats...) ce qui permet une diminution de la biomasse algale et le retour à un état non eutrophisé. Cette technique appliquée sur 27 lacs au Danemark offre des résultats prometteurs. On observe cependant des temps de réaction très variables selon les lacs. Par ailleurs, cette action n'est efficace que sur le court-terme et nécessite d'être renouvelée au moins tous les dix ans pour avoir un effet pérenne. La nécessité d'adopter des approches combinées, influant à la fois sur les régulations biologiques (chaîne trophique), chimiques (diminution de l'apport en nutriments) et physiques (gestion des sédiments) a été soulignée comme garante de plus d'efficacité.



Le gardon, une des espèces clé pour la régulation biologique

Des pistes de recherche

L'organisation de cette session sur « Le bon état écologique des eaux : état d'avancement, limites du concept et opportunités scientifiques » s'inscrivait dans le cadre des travaux du Conseil scientifique (CS) de l'eau et des milieux aquatiques. Le CS a pu retenir des interventions quelques grands défis pour la

communauté scientifique accompagnant les politiques de l'eau, liés à la notion de « bon état des eaux » de la DCE. Il s'agit notamment de questions de recherche pour passer à une évaluation plus dynamique du fonctionnement des écosystèmes aquatiques permettant de refléter leurs capacités d'adaptation ainsi que de mieux prendre en compte la dynamique sociétale liée à l'atteinte de cet objectif de politique publique environnementale.

À l'issue de cette rencontre, le groupe de travail du CS chargé du thème « Élaboration et mise en œuvre des politiques publiques » a proposé de rassembler les connaissances et les positions existantes faisant consensus pour promouvoir une notion plus dynamique de bon état écologique des eaux. L'objectif serait, entre autres, de faire développer ces connaissances sur un certain nombre de domaines tels que le fonctionnement des écosystèmes, ou l'établissement de « socio-indicateurs » dans une optique d'évaluation de la portée et de l'effectivité de la mise en œuvre des politiques publiques.

Pour en savoir plus sur le congrès :
<http://www.biologie.ens.fr/eeca/>

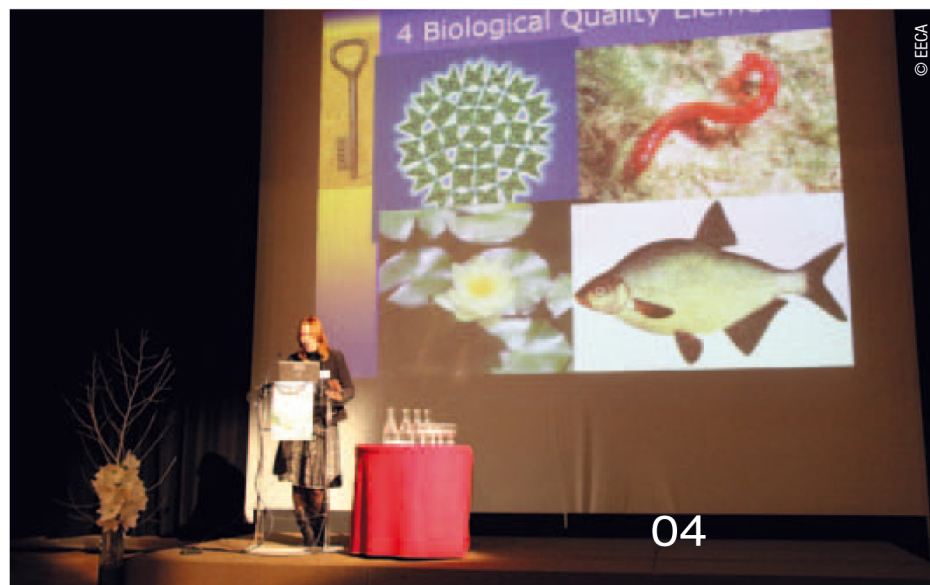
Organisation de la session :

**Onema - direction de l'action
scientifique et technique**

**Marie-Perrine Durot, chargée de
mission Europe**
marie-perrine.durot@onema.fr

**Véronique Nicolas, chargée de
mission « ingénierie écologique »**
veronique.nicolas@onema.fr

**Véronique Barre, chargée de
mission « Conseil scientifique
et valorisation »**
veronique.barre@onema.fr



LES
Rencontres
DE L'ONEMA



Directeur de publication : Patrick Lavarde
Coordination : Véronique Barre, direction de l'action
scientifique et technique, Claire Roussel – délégation
à la communication
Rédaction : Marie-Perrine Durot, direction de l'action
scientifique et technique
Secrétariat de rédaction : Béatrice Gentil, délégation
à la communication
Maquette : Eclats Graphiques
Réalisation : Accord Valmy
Impression sur papier issu de
forêts gérées durablement : Panoply
Onema - 5 Square Félix Nadar - 94300 Vincennes
www.onema.fr

Disponible sur : <http://www.onema.fr/Les-rencontres-de-l-Onema>