La France, déjà condamnée par l'Europe parce qu'elle n'applique pas correctement les Directives nitrates et ERU, s'enferre dans le dogme de la destruction des moulins et usines à eau sous couvert de « continuité écologique ».

Sans aucune acceptation sociale, avec l'opposition quasi unanime des acteurs concernés, pêcheurs compris et des remous de plus en plus fréquents chez les élus peu convaincus, il ne se passe plus une semaine sans que la presse locale ne fasse écho à cette grogne générale.

Un nombre croissant d'études scientifiques montre pourtant que les mesures imaginées ont une efficacité limitée (voire nulle) pour un coût considérable.

En voici une synthèse (provisoire), à diffuser sans modération auprès des acteurs concernés : DDT, Onema, Dreal, syndicats de rivière et PNR, commission locale de l'eau des SAGE, comité de bassin des Agences de l'eau, élus, associations, etc.

Jusqu'au Ministère bien sûr, où Mme Ségolène Royal assure qu'elle désapprouve l'écologie tracassière et dépensière, mais qui laisse dériver sa Direction de l'eau dans l'application d'un dogme ruineux…qui n'améliore en rien la qualité de l'eau.

Il semblerait que notre recension du travail de Van Looy et al. 2014 aurait été évoquée jusqu'à la Direction de l'eau du Ministère de l'Ecologie. Aurions-nous mal interprété ce texte ? Ce n'est pas impossible, et nous n'aurions aucune difficulté à le reconnaître si un débat montrait nos erreurs. Toutefois, Van Looy et al 2014 n'est pas un texte isolé dans la littérature scientifique. La restauration écologique des rivières, et en particulier l'effacement des barrages ont débuté dès les années 1970 aux Etats-Unis à la suite du Clean Water Act (*USA Federal Water Pollution Control Act Amendments,* 1972). En Europe, la directive-cadre européenne 2000 (DCE 2000) a imposé des mesures de qualité chimique et écologique dont on commence seulement, à compter des années 2010, à analyser la structure et modéliser la cohérence. Il existe donc un premier retour d'expérience nord-américain, et un début d'analyse systématique en Europe.

Ci-dessous, nous publions des résumés en français et les liens de 20 études scientifiques récentes (2005-2015). Ces études suggèrent que :

il n'existe à ce jour aucun consensus dans la communauté scientifique internationale sur le poids exact des facteurs de dégradation des rivières, sur les causes anthropiques ou naturelles de variabilité des indices biologiques des milieux aquatiques ni sur les choix optimaux de leur restauration ;
les opérations de restauration écologique / morphologique des rivières souffrent d'un manque général de préparation scientifique dans leur programmation, de suivi scientifique dans leurs effets, d'analyse coût-avantage ou coût-efficacité ;
dans les cas où le suivi est réalisé, on observe une efficacité faible à nulle de ces opérations (voire des effets négatifs parfois), en particulier à l'échelle des tronçons (au-delà des effets prévisible sur le seul périmètre du site restauré, qui ne représente généralement pas grand-chose par rapport au linéaire total de la masse d'eau) ;
il existe en particulier quelques solides raisons de penser que les opérations de restauration morphologique ne permettront pas d'atteindre le bon état écologique au sens de la DCE 2000, et exposeront notre pays à des condamnations en raison des retards que nous prenons d'ores et déjà ;
une politique fondée sur la preuve scientifique, et non l'improvisation en fonction du poids des lobbies et des modes du moment, exigerait une modélisation des différents impacts anthropiques aux différentes échelles (sites, tronçons, bassins versants) afin de prioriser les actions et d'anticiper leurs résultats ;
les seuils et barrages en particulier (obstacles à la continuité écologique longitudinale) ont une corrélation faible à nulle avec les indices de biodiversité à l'échelle des tronçons et bassins versants ainsi qu'avec les indices de qualité piscicole, ce qui n'exclut pas des influences localement fortes ;
les premiers facteurs d'impact sur la qualité chimique et écologique des rivières sont dans la plupart des études quantitatives les pollutions (agriculture intensive, assainissements défaillants, rejets industriels) et les changements d'usage des sols (urbanisation, déforestation, agriculture), les indices de qualité biologique de la DCE 2000 se montrant beaucoup plus sensibles à ces variables. A quoi s'ajoute le facteur de premier ordre à long terme, le réchauffement climatique (non étudié dans cette revue).
En conséquence, nous maintenons que :

la politique française de continuité écologique, édictée en absence de concertation démocratique comme de contrôle parlementaire et d'évaluation scientifique indépendante, représente une dépense considérable d'argent public n'ayant que peu d'effets probables sur nos engagements européens en matière de qualité de

l'eau ;
cette politique est une tragédie pour le patrimoine historique des moulins et usines à eau et une absurdité à l'heure où la transition énergétique commanderait d'équiper ces moulins et usines au lieu de les détruire ;
cette politique, décidée pour l'essentiel en comités fermés, doit faire l'objet d'une enquête parlementaire puisqu'elle représente une dérive antidémocratique manifeste en même temps qu'elle a déjà abouti à de multiples condamnations de la France pour non-respect de toutes les directives (dont certaines plus anciennes) de protection de la ressource en eau ;
les instruments de cette politique, en particulier les SDAGE en cours de consultation publique, doivent être dénoncés s'ils n'intègrent pas l'état réel de nos connaissances, s'ils manquent d'analyse coût-efficacité réelle de la dépense publique pour l'eau et s'ils persistent en particulier à subventionner généreusement la scandaleuse destruction des ouvrages hydrauliques en rivière alors que les subventions pour les mises aux normes sont dérisoires.
Il est temps d'engager une redéfinition complète de la gouvernance, des objectifs et des méthodes du volet morphologique des politiques de restauration du bon état des rivières. Et déjà de prononcer un moratoire à effet immédiat sur l'application du classement des cours d'eau, dont l'effet est de menacer l'existence de près de 20.000 ouvrages hydrauliques sur nos territoires et de modifier des écoulements sans aucune certitude quant à l'absence de risques pour les personnes, les biens et les milieux en aval.

2005-2015 : 20 études sur la continuité écologique et la morphologie en lien à la dégradation ou à la restauration des rivières

Palmer MA et al (2005), Standards for ecologically successful river restoration

Dans cet article très cité de la littérature, les auteurs soulignent que la restauration écologique des cours d'eau est un outil de plus en plus apprécié des gestionnaires, et que des milliards de dollars (aux Etats-Unis) sont dépensés pour les rivières et fleuves depuis les années 1980. Mais ils pointent le défaut manifeste de suivi scientifique, de protocole normalisé de mesure et d'accord entre expert sur la définition d'un succès écologique. Sans l'adoption de standards partagés, il n'y aura pas de progrès dans la pratique de restauration écologique.
Journal of Applied Ecology, 42, 2, 208-217

Doyle MW et al (2005), Stream ecosystem response to small dam removal: Lessons from the Heartland
Les auteurs analysent l'effet des suppressions de petits barrages sur la végétation rivulaire, les poisons, les macro-invertébrés, les moules et la dynamique des nutriments. Ils discernent deux trajectoires : une restauration totale des écosystèmes, qui reste « *improbable dans beaucoup de cas* » et demande diverses échelles de temps selon les groupes concernés ; une restauration partielle tenant au fait qu'il existe d'autres impacts sur le bassin versant ou que les barrages ont modifié durablement l'équilibre local. Selon cette étude, gestionnaires et chercheurs devraient étudier avant tout effacement de barrage le potentiel réel de restauration afin d'évaluer correctement le bénéfice écologique pour chaque communauté de l'écosystème.
Geomorphology, 71, 1-2, 1, 227-244

Lejon AGC et al (2009), Conflicts associated with dam removal in Sweden
La suppression des barrages peut être motivée par la sécurité, la réglementation, l'écologie ou l'économie. Mais les auteurs soulignent que ces opérations sont controversées. Analysant 17 projets en Suède, ils montrent que trois critères sont à prendre en considération dans l'opposition aux effacements : le financement, les valeurs historiques ou culturelles, les espèces mises en danger. Ils en concluent que toutes les parties prenantes doivent être associées et informées, des solutions de compromis étant souvent l'issue de choix.
Ecology and Society, 14, 2, 4

Palmer MA et al (2010), River restoration, habitat heterogeneity and biodiversity: a failure of theory or practice?
Les auteurs étudient le présupposé central des opérations de restauration écologique de rivière selon lequel l'hétérogénéité des habitats (facteur morphologie) régule la biodiversité. Analysant 78 opérations de restaurations menées par 18 groupes indépendants, les auteurs montrent que 2 seulement permettent de conclure de manière robuste à une amélioration significative de la biodiversité (analyse des macro-invertébrés).
Freshwater Biology, 55, s1, 205-222

Bernhardt ES et Palmer MA (2011), River restoration: the fuzzy logic of repairing reaches to reverse catchment scale degradation
Les deux chercheurs montrent, à travers une synthèse de la littérature, que la restauration de rivière est une pratique ayant connu une croissance exponentielle depuis quelques décennies, mais n'ayant pas évalué ses propres objectifs ni leur

succès, soit individuellement soit cumulativement. Si les chenaux traités ont moi d'incision et plus de sinuosité que les chenaux dégradés, les facteurs physiques, chimiques et hydrologiques responsables de la perte des taxa d'intérêt à l'échelle du bassin versant ne sont pas traités pour autant.
Ecological Applications, 21, 1926-1931

Jähnig SC et al (2011), River restoration success: a question of perception
Le succès de la restauration écologique est affaire de perception : objective quand il s'agit de paramètres quantifiés (mesures de qualité) ; subjective quand on parle d'esthétique du paysage ou de valeur récréative. Arès étude de 26 projets de restauration en Allemagne, les auteurs soulignent que si les paramètres morphologiques sont améliorés, les résultats sur les populations de poissons ou les invertébrés benthiques sont moins probants. Ainsi, 40% des répondants à leur enquête admettent que le succès est une affaire de goût, et 45% seulement des objectifs de la restauration dont l'objet d'une mesure. Ce manque de mesure objective implique pour les chercheurs une incapacité à évaluer l'efficacité réelle des interventions morphologiques.
Ecological Applications, 21, 2007-2015

Louhi P et al (2011), Twenty years of stream restoration in Finland: little response by benthic macroinvertebrate communities
Les opérations visant à restaurer des habitats pour salmonidés dont fréquentes en Finlande, mais leur suivi scientifique est pauvre, et plus pauvre encore pour les espèces qui ne sont pas directement visées par la restauration. Une analyse before-after-ontrol-impact (BACI) à 3 ans avant / 3 après et une étude témoin à 20 ans montrent que l'impact de la restauration des habitats sur les communautés d'invertébrés est faible, et parfois négatif. Pour les chercheurs, ce résultat peut s'expliquer en partie par les caractéristiques propres des cours d'eau finnois. Néanmoins, ils insistent sur la nécessité d'une analyse plus rigoureuse de la biodiversité en cours d'eau ou rives restaurés.
Ecological Applications, 21, 1950-1961

Wang L et al (2011), Effects of dams in river networks on fish assemblages in non-impoundment sections of rivers in Michigan and Wisconsin, USA
Cette étude, réalisée dans le contexte nord-américain, est notamment intéressante par le nombre de tronçons concernés (690 dans le Michigan et 537 dans le Wisconsin) ainsi que le nombre de barrages retenus (1553 dans le Michigan, 3662 dans le Wisconsin), l'exclusion des tronçons ayant des impacts anthropiques trop manifestes (pas plus de 60% de terres agricoles ni de 10% de terres urbanisées

dans le bassin), la précision des descripteurs des ouvrages (nombre total amont et aval, densité sur le linéaire, longueur libre entre deux ouvrages), la diversité des descripteurs des poissons (39 variables au total). Les auteurs trouvent que l'influence des barrages est globalement négative sur l'intégrité et la diversité biotiques. Mais l'information majeure de l'étude est que l'influence des barrages seuls sur les indices est relativement faible. La variance expliquée des populations piscicoles est de 16% pour l'intégrité biotique et 19% pour les préférences d'habitat. « Sans la prise en compte des co-facteurs d'influence, les évaluations [d'impact des barrages] seront inadéquates et induiront potentiellement en erreur ».
River Research and Applications, 27, 4, 473-487

Marzin A et al (2012), Ecological assessment of running waters: Do macrophytes, macroinvertebrates, diatoms and fish show similar responses to human pressures?
Les auteurs étudient quatre indices de qualité biologique – macrophytes, diatomées, macro-invertébrés, poissons, 93 métriques au total – dans 290 rivières françaises où sont répertoriés des facteurs de dégradation à échelle du tronçon (18 facteurs, quatre classes : qualité chimique, hydrologie, morphologie, présence de retenues). Les auteurs analysent également des facteurs physiographiques qui ne dépendant pas de l'homme (altitude, pente, superficie de bassin versant, etc.). Les résultats montrent d'abord une variabilité des indices de qualité biologiques selon les données physiographiques. La dégradation de la qualité de l'eau est le facteur à plus forte intensité et sensibilité dans la réponse biologique. Les poissons répondent au facteur morphologique, comme les macrophytes et diatomée, mais à partir d'un niveau de dégradation élevée. 55 métriques varient en présence de barrages et retenues, la plupart des métriques piscicoles répondant avec une intensité moyenne (41%). La restauration des cours d'eau implique une mesure préalable et précise des impacts ainsi que de leurs effets combinés (additifs, multiplicatifs ou opposés).
Ecological Indicators, 23, 56-65

Stanrko SA et al (2012), Comparing the fish and benthic macroinvertebrate diversity of restored urban streams to reference streams
Aux Etats-Unis (côte Atlantique), les auteurs analysent 5 mesures de qualité biologique pour les poissons et les macro-invertébrés entre des sites urbains ayant connu une restauration morphologique, des sites urbains non restaurés et des sites naturels en bon état écologique. Ils observent que les sites restaurés et non-restaurés ne présentent pas de différence significative de qualité, et concluent qu'il

faut radicalement changer d'approche en travaillant sur les facteurs de dégradation à échelle du bassin versant.
Restoration Ecology, 20, 6, 747-755

Dahm V. et al. (2013), Effects of physico-chemistry, land use and hydromorphology on three riverine organism groups: a comparative analysis with monitoring data from Germany and Austria
Les auteurs ont sélectionné 2302 sites de mesure en Allemagne et en Autriche, qui présentent des résultats assez cohérents pour permettre l'analyse des populations de poissons (n=713), de macro-invertébrés (n=1753) et de diatomées (n=808). Les sites en question ont été subdivisés en rivières de plaine et rivières de montagne. L'indice multimétrique prédictif utilisé pour la faune piscicole est l'EFI + (European Fish Index). Au sein de l'EFI+, onze facteurs sont pris en compte Ils indiquent la plus ou moins grande tolérance des espèces à des environnements dégradés. Les chercheurs ont ensuite croisé ces mesures de qualité biologique avec les données disponibles sur quatre causes connues d'impact : l'hydromorphologie, la qualité physico-chimique, l'occupation des sols en rive, l'usage des sols sur le bassin versant. Il en ressort que la corrélation positive avec la dégradation de l'indice est deux à trois fois plus prononcée pour la physico-chimie que pour l'hydromorphologie. *« L'excès de nutriment et l'occupation des sols sur le bassin versant sont les deux facteurs de stress discriminant pour tous les groupes d'organisme, dépassant les effets du stress hydromorphologique à l'échelle des sites (…) Nos résultats suggèrent que beaucoup de rivières sont encore considérablement affectées par l'excès de nutriments (eutrophisation), ce qui peut être directement relié à l'usage des sols sur leur bassin versant ».*
Hydrobiologia, 704, 1, 389-415

Joergensen D et Renoefält B (2013), Damned If You Do, Dammed If You Don't: Debates on Dam Removal in the Swedish Media
Les deux chercheuses suédoises ont analysé les débats autour de la suppression des barrages dans quatre villes de leur pays (Alby, Hallstahammar, Orsa et Tallaesen). Leur principale conclusion est que l'opposition à l'effacement des ouvrages hydrauliques ne résulte pas d'un manque de connaissances, c'est-à-dire d'une ignorance sur les effets environnementaux. Plus simplement, les gens ne valorisent pas la même chose : les partisans de l'effacement accordent une grande importance au retour de rivières naturelles, ce qui inclut aussi l'intérêt pour certaines formes de pêche ; les opposants apprécient la dimension esthétique et historique des barrages, ainsi que les activités rendues possibles par leurs retenues.
Ecology and Society, 18, 1, 18.
Lorenz AW et Feld CK (2013), Upstream river morphology and riparian

land use overrule local restoration effects on ecological status assessment
Les chercheurs étudient 46 projets de restauration de rivières à la lumière de l'influence amont sur le bassin versant. Trois critères sont pris en compte, l'état des berges, la qualité physique de l'habitat sur différentes longueurs de linéaire amont, l'usage des sols sur l'ensemble des bassins versants. Les indicateurs de réponse biologique concernent les macrophytes, les macro-invertébrés et les poissons. Leur résultat : l'influence du bassin amont est prépondérante par rapport aux améliorations locales des sites ou des tronçons. Poissons et invertébrés répondent au maintien des forêts en amont, et la qualité physique de l'habitat sur les 5 km au-dessus de la restauration présente un fort lien avec la bonne santé biologique. Leur conclusion : une restauration écologique de site a de grand risque d'être un échec sir le bassin versant amont est toujours dégradé.
Hydrobiologia, 704, 1, 489-501

Marzin et al (2013), The relative influence of catchment, riparian corridor, and reach-scale anthropogenic pressures on fish and macroinvertebrate assemblages in French rivers
Sur 301 sites français les auteurs analysent des données 2005-2008 sur l'environnement naturel, l'usage des sols bassin versant et tronçon, les modifications anthropiques et les populations (poissons, macro-invertébrés). A échelle du tronçon, la variabilité des communautés biologiques est liée à une retenue ou la qualité de l'eau. A échelle plus large sur la bassin versant, elle est associée au gradient entre forêts et terres agricoles. Une proportion large de la variabilité à toutes échelles est due à des interactions entre facteurs (40%) et à la variabilité naturelle (30%). L'usage des sols sur le bassin versant reflète mieux la qualité locale de l'eau que les dégradations hydromorphologiques. La compréhension et la gestion des rivières demandent des analyses plus fines de l'interaction des facteur anthropiques à différentes échelles spatiales.
Hydrobiologia, 704, 1, 375-388

Sundermann A et al (2013), Stressor prioritisation in riverine ecosystems: Which environmental factors shape benthic invertebrate assemblage metrics?
Les chercheurs ont analysé les communautés d'invertébrés benthiques dans 83 site (25 métriques) et ont sélectionné sur ces sites 27 facteurs environnementaux (10 sur la qualité de l'eau, 4 sur l'usage des sols en bassin versant, 10 sur la qualité de l'habitat au niveau des sites). Des modèles en régression linéaire simples et multiples montre que la qualité de l'eau et les usages des sols du bassin versant sont les principaux paramètres de dégradation, en particulier oxygène, chlorure, carbone organique total, niveau de terres artificialisées et/ou arables. Les critères

relatifs à l'habitat ou à la morphologie sont de moins bons prédicteurs de dégradation. Conclusion des chercheurs : restaurer l'habitat au niveau local (site, tronçon) peut produire un faible rapport coût-bénéfice car les facteurs de dégradation concernent d'abord les bassins versants et la qualité de l'eau.
Ecological Indicators, 27, 83-96

Verdonschot PFM et al (2013), A comparative review of recovery processes in rivers, lakes, estuarine and coastal waters
La DCE 2000 impose l'atteinte du bon état écologique des rivières, ce qui implique de connaître la réponse des communautés aquatiques après les mesures de restauration. Analysant les typologies de masses d'eau (rivières, lacs, eaux de transition et côtières), les auteurs remarquent que peu d'études répertorient les connaissances écologiques nécessaires au succès des opérations d'amélioration des milieux. Les facteurs majeurs de dégradation sont la croissance de population humaine, ainsi que les changements d'usage des sols et des eaux. Les points critique pour la restauration sont souvent le manque de données, le fait que ces données sont spécifiques (à un site, un ensemble d'organismes, une période de temps), le délai très variable d'effet des opérations de restauration.
Hydrobiologia, 704, 1, 453-474

Morandi B. at al (2014), How is success or failure in river restoration projects evaluated? Feedback from French restoration projects
Les auteurs ont analysé 44 projets français de restauration des rivières incluant une procédure d'évaluation. Leurs résultats montrent que la qualité de la stratégie d'évaluation reste souvent trop pauvre pour comprendre correctement le lien entre projet de restauration et changement écologique. Dans de nombreux cas, les conclusions tirées sont contradictoires, rendant difficile de déterminer le succès ou l'échec du projet de restauration. Les projets avec les stratégies d'évaluation les plus pauvres ont généralement les conclusions les plus positives sur les effets de la restauration. Recommandation des chercheurs : que l'évaluation soit intégrée très tôt dans le projet et qu'elle soit fondée sur des objectifs clairement définis.
Journal of Environmental Management, 137, 178-188

Nilsson C et al (2014), Riparian and instream restoration of boreal streams and rivers: success or failure?
Pour évaluer l'efficacité des opérations de restauration morphologique, les chercheurs scandinaves ont sélectionné 18 études de rivières présentant le même profil. Les facteurs pris en compte ont été la réponse abiotique (complexité / rugosité de l'écoulement vitesse de l'eau, capacité de rétention sédimentaire) et la

réponse biotique (poissons, macro-invertébrés, végétation aquatique et rivulaire). Le temps de réponse du milieu allait de 1 mois à 24 ans dans ces études. Résultat : la majorité des études constatent un effet abiotique c'est-à-dire un changement dans la dynamique et la morphologie (vitesse plus lente de l'eau, écoulements plus variés, rugosité plus forte du lit, etc.). Mais la réponse du vivant est beaucoup moins évidente : une seule étude sur 8 montre un résultat sur les invertébrés ; une sur 5 une réponse positive des populations piscicoles ; la végétation est un peu plus « répondante » avec 2 succès sur 4.Sept pistes de travail sont proposées pour comprendre les échecs : objectifs de restauration trop médiocrement définis; facteurs limitants des populations cibles trop mal connus ou pris en compte ; méthodes standardisées de suivis et mesures non prévues (ou non respectées) ; espèces choisies non représentatives / indicatives des communautés d'intérêt ; pools de population susceptibles de recoloniser le milieu non présents à taille critique ; temps écoulé depuis la restauration trop court ; retour à l'équilibre biotique déjà réalisé (populations présentes au moment de la restauration à l'optimum des sites concernés).
Ecohydrology, doi: 10.1002/eco.1480

Van Looy K et al (2014), Disentangling dam impacts in river networks
Dans le bassin de Loire, les auteurs ont sélectionné un réseau de 17.000 km de linéaire, divisés en 4930 segments homogènes du point de vue géomorphologique. Sur ces 4930 points d'étude, les auteurs ont estimé les impacts à partir du référentiel SYRAH sur les pressions hydromorphologiques d'origine anthropique et naturelle, et de la banque de données CORINE sur les usages des sols. Plus particulièrement, les trois chercheurs ont utilisé le ROE (Référentiel des obstacles à l'écoulement) de l'Onema afin de construire un modèle fin d'impact des seuils et barrages : plus de 5500 de ces obstacles à l'écoulement sont présents sur le linéaire étudié. Du côté des indicateurs biologiques, Van Looy, Tormos et Souchon ont utilisé deux métriques : l'Indice Poissons Rivières (IPR), qui mesure la qualité piscicole, et l'Indice Invertébrés Multimétrique (I2M2), qui mesure la réponse des invertébrés (mollusques, bryozoaires, amphipodes, trichoptères, plécoptères, etc.) aux pressions. Le score global IPR ou I2M2 ne montre aucune corrélation significative ($p<0.05$) avec la densité locale de barrages. La corrélation n'apparaît qu'avec l'échelle supérieure de densité régionale (sur le bassin versant). La variance globale des scores (R2) n'est que faiblement associée à la densité des barrages : 25% pour les macro-invertébrés, mais 12% seulement pour les poissons. Au sein des indices, les métriques de la biodiversité (NTE et DTI pour l'IPR, indice de Shannon et richesse taxonomique pour l'I2M2) ne répondent pas à la présence des barrages par des variations significatives. Au sein de l'IPR, ce sont les espèces rhéophiles et lithophiles qui expliquent l'essentiel de la réponse observée (12%).

Ecological Indicators, 37, 10-20

Villeneuve B et al (2015), Can we predict biological condition of stream ecosystems? A multi-stressors approach linking three biological indices to physico-chemistry, hydromorphology and land use

Les auteurs ont développé un modèle explicatif et prédictif de l'état des masses d'eau. Pour cela, les auteurs ont pris en considération trois échelles spatiales : le bassin versant, le tronçon (partie du linéaire ayant une cohérence hydrologique) et le site. A chaque échelle spatiale, ils ont mobilisé des bases de données existantes pour intégrer des informations sur les pressions, les usages des sols, les altérations morphologiques et les mesures physico-chimiques. En face de ces données d'impact, les scientifiques ont collecté sur 1100 sites répartis dans les 22 hydro-éco-régions françaises des mesures de qualité biologique (2008-2009) : macro-invertébrés (indice I2M2), diatomées (indice IBD) et poissons (indice IPR+). L'ensemble des variables de pression explique 41% de la variabilité de l'I2M2, 26% de la variabilité de l'IBD2007 et 24% de la variabilité de l'IPR+. Le profil de réponse est similaire pour les 3 indices. En termes d'intensité de la réponse, les variables physicochimiques ont les plus hauts coefficients, suivi par les variables d'usages des sols et, finalement, les variables hydromorphologiques. Les variables à effet négatif sur les trois indices sont : les concentrations de nutriments et matières organiques, l'urbanisation et la proportion d'agriculture intensive dans le bassin versant. La densité de barrage en particulier n'est qu'en 13e position des facteurs explicatifs de la variance des indicateurs piscicoles.

Ecological Indicators, 48, 88-98