



PATRIMOINE

Journal
Club des castors

Seuils naturels et artificiels

Par Michel Veuille
et Patrice Cadet

Les autorités ayant à appliquer des directives politiques dans le domaine de la biodiversité aiment bien s'appuyer sur la science en déclarant que "ceci ou cela est scientifiquement démontré". Ce faisant, elles propagent l'idée d'un gouvernement s'appuyant sur la "vérité" avec un grand "V", une vérité seule et unique, et non pas sur les équilibres électoraux et sociologiques qui portent les programmes gouvernementaux au pouvoir, et dont tout électeur sait la fragilité, le caractère temporaire, et les revirements. Manière de dire qu'il n'y a pas à discuter. Mentir en faisant semblant de s'appuyer sur la science est une pratique qui a déjà été dénoncée, en d'autres domaines, par le regretté professeur Albert Jacquard.

Or, les chercheurs savent bien que leurs opinions sont sans cesse remises en cause... par eux-mêmes ! Oui, par eux-mêmes plus que par n'importe qui. Ils sont d'ailleurs payés pour ça. Et donc, à la différence de l'administration, ils n'osent pas tout. C'est même à ça qu'on les reconnaît. C'est le cas en recherche fondamentale. En recherche appliquée, leurs données sont canalisées par les programmes à travers lesquels on les finance, et l'indépendance de la pensée scientifique est plus problématique.

Ceci concerne notamment l'analyse de la biodiversité. Si le plan de la nature était aussi parfait que le mouvement des planètes et des horloges, la recherche serait facile. Mais chacun sait qu'il n'y a pas deux chemins creux semblables, deux rivières semblables, qu'on ne trouve pas les mêmes espèces à quelques kilomètres de distance, et qu'on ne peut pas planter le

même légume quelques mètres plus loin. La biodiversité a ses lois, mais les révéler est une œuvre de longue haleine que la science est loin d'avoir accomplie.

Dans tous les laboratoires du monde, un moment essentiel de la semaine est le "journal club": celui où l'on décide d'éplucher en commun un article scientifique pour en dégager les enseignements, les approximations, et les échecs, étape indispensable pour organiser des protocoles d'observation plus conséquents une autre fois.

Les propriétaires de moulin ne font pas de recherche, mais quelques castors seniors suivent de près la vie des laboratoires. Or, il y a beaucoup de grain à moudre dans les articles scientifiques parus ces dernières années pour évaluer les forces, faiblesses et limites de la science de la biodiversité des cours d'eau.

1. Les moulins sont-ils la cause de la disparition des saumons ?

C'est une vieille lune des aménageurs du territoire que de dire que les moulins, par leur seule présence, font disparaître des saumons depuis le moyen-âge. Lenders et collaborateurs (2016), utilisent pour cette démonstration plusieurs types de données:

1a. Le comptage des sites archéologiques

Les auteurs comptent le nombre de sites archéologiques où l'on a trouvé des restes de saumon, comparés au nombre de sites où l'on a trouvé des restes de brochet entre

le néolithique et les temps modernes. L'idée est que les saumons décroissent car ils doivent remonter les rivières, tandis que les brochets, plus sédentaires, servent de référence et que leurs effectifs ne changent pas. Ils obtiennent le tableau ci-dessous où, Ô merveille ! Le nombre de saumons décroît avec le temps par rapport aux brochets entre l'époque de Charlemagne et la renaissance. Ils estiment donc que leur hypothèse est vérifiée. Ce serait donc la faute aux moulins !

	Saumon	Brochet	total
Carolingiens	5	12	17
Renaissance	7	44	51

Tableau 1 : Données sur les sites archéologiques présentées comme preuve que les saumons ont décréu en fonction du temps.

Mais il y a un os : ces chiffres sont très faibles et les différences ne sont pas significatives. Pour épargner au lecteur le langage aride des statistiques, disons qu'avec les mêmes chiffres, si dans une école, 5 élèves sur 17 réussissaient l'examen, et dans une autre, 7 élèves sur 51, un statisticien conclurait que la différence entre les deux écoles peut être due au seul hasard de l'inscription des élèves dans l'une ou l'autre école, et qu'elle ne dévie pas significativement du taux de succès global (17,6 %). Pour vous en assurer de façon non-pédante, déplacez seulement 2 bons élèves, et vous verrez que 3/17 est exactement égal à 9/51. On ne peut donc exclure le rôle du hasard. De façon plus savante, dans un tel cas il faut effectuer ce qu'on appelle un test dit

“test exact”, lequel donne ici une valeur de 15,8 %, ce qui est très supérieur au 5 % qu'il faudrait pour conclure que la fréquence des saumons a baissé de façon significative au cours du moyen-âge. C'est certes contre-intuitif pour un non-statisticien, mais tout chercheur sait très bien qu'il faut faire ce test. Comme par hasard, Lenders et col. ne le font pas. C'est une faute professionnelle, et leur conclusion est erronée.

1b. Le prix du saumon a-t-il cru avec le temps ?

Dans une autre approche, Lenders et col. essaient d'évaluer la population du saumon d'après son prix. L'idée est que plus le saumon est rare, plus il est cher. Hélas, il n'y a pas de données continues sur le prix du saumon entre l'an 800 et aujourd'hui, car, bien sûr, le rôle de la monnaie et la notion de niveau de vie ont changé entre-temps. Ils trouvent cependant quelques indicateurs partiels : prix du saumon en Normandie en 1260 et en 1410 ; prix du saumon à Cologne pendant quelques décennies du 17^e siècle ; impôts sur le saumon sur un siècle en Hollande au 18^e siècle; prix du saumon en Hollande pendant les dix premières années du 20^e siècle. En tout, 303 années. Mais entre ces périodes, il y a d'immenses trous. Les auteurs les remplissent en mettant leurs données bout-à-bout, en supposant qu'elles obéissent à la même loi, et en supposant que les saumons décroissent de manière hyperbolique en fonction du temps, artifice qui leur permet d'avoir une courbe continue décroissante (figure 1 ; pour simplifier, l'usage d'une fonction hyperbolique assure que la courbe tombe d'abord de très haut de façon catastrophique, puis stagne dans des valeurs très basses). Or, les données ne garantissaient pas qu'il y ait une courbe continue décroissante et encore moins hyperbolique. On ne sera donc pas surpris que les chercheurs trouvent à la fin une courbe continue décroissante et hyperbolique! C'est eux qui l'ont introduite et ajustée aux données. On voit sur la

figure 1 une décroissance spectaculaire de la droite située le plus à gauche: c'est la différence de prix du saumon dans le petit village de Montchaton (Cotentin) entre 1260 et 1420 (160 ans). On ignore les valeurs intermédiaires. On pourrait à la rigueur accepter cette donnée si toutes choses étaient égales dans un univers où seul varierait le prix du poisson. Or, ce n'est pas le cas. Ces dates chevauchent la guerre de cent ans (1337 - 1453), ses pillages, ses chevauchées, ses incendies et ses viols. Elles chevauchent aussi la peste noire (1347 - 1352), au cours de laquelle la moitié de la population européenne est morte. On a du mal à croire que tout cela n'a pas affecté le marché du poisson.

Cette grande droite située entre ces deux dates est d'ailleurs un artéfact de construction, dû au choix d'un modèle hyperbolique : elle produit une dégringolade factice. En réalité, la décroissance entre ces 160 ans est plus faible, en valeur relative que celle entre les dix premières années du vingtième siècle. C'est la manière d'aligner les points qui trompe le lecteur.

1c. La foire aux explications

Forts de cette “courbe hyperbolique” (dont nous avons vu qu'elle est purement hypothétique) nos auteurs la comparent à la courbe de croissance des moulins, qui, elle, ne fait que croître de façon continue (Figure 1). Ils en déduisent que ce sont les moulins qui sont la cause de la disparition des saumons. Or, c'est là encore un artifice qui ne résiste pas à la logique. Il existe dans l'histoire de l'Europe un nombre infini de variables économiques qui, soit croissent, soit décroissent au cours du temps entre le moyen-âge et les temps modernes, et dont le nombre de moulins, lié à l'alimentation, est probablement un indicateur fiable, mais secondaire: la croissance de la population, l'amélioration de son alimentation, le développement du commerce, la pollution, etc. : pratiquement toutes les variables liées à la population européenne, soit croissent, soit décroissent avec le temps,

et l'on trouvera toujours une coïncidence temporelle entre deux d'entre elles sans qu'il y ait la moindre relation causale. Il y a une chance sur deux qu'elles croissent ensemble, une chance sur deux qu'elles se croisent en s'opposant. On pourrait citer bien des variables fantaisistes qui, à cette aune, monteraient ou descendraient avec le temps: le nombre d'enfants scolarisés, le nombre de chats, le nombre de fourchettes, de montres ou de lunettes, le nombre de morts à la guerre, le nombre de coiffeurs pour dames, etc. Aucune n'expliquerait pour autant la décroissance des saumons.

L'erreur des auteurs relève d'un biais classique en statistiques: ils savaient à l'avance que le nombre de moulins augmentait et que, selon leurs estimations vraies ou fausses, le nombre de saumons diminuait, et donc ils n'ont rien découvert. Il faudrait qu'ils démontrent un lien causal clair entre les deux, ce qu'ils ne font pas.

1d. Les Écossais vendent-ils leur saumon à perte ?

Sans doute conscients de la faible valeur démonstrative de leurs données, les auteurs cherchent à montrer que là où il n'y a pas de moulin, le prix du saumon n'a pas augmenté. Ils utilisent donc des données du moyen-âge relevant, sur cent-cinquante ans, le prix du saumon pêché en Écosse (pays, nous disent-ils, sans moulin) pour l'exportation vers le reste de l'Europe (figure 2).

Ils trouvent que ce prix est très stable, et même qu'il baisse un peu. Ils en déduisent qu'en Écosse, contrairement aux autres pays, le nombre de saumons n'a pas bougé. Certes, mais veulent-ils dire par là que les exportateurs écossais ne vendent pas leur saumon au prix du marché ? Voilà un réflexe bien peu commercial! Si le prix à l'export n'a pas bougé, c'est sans doute qu'il n'a bougé nulle part, et donc que la ressource en saumon est restée importante pendant tout le moyen-âge.

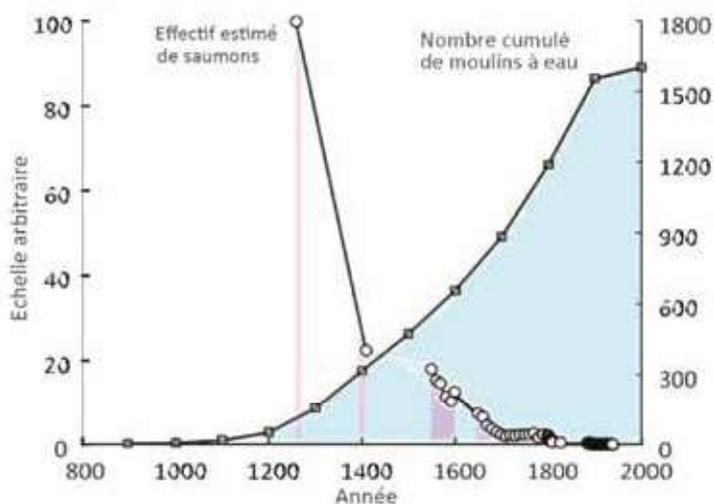


Figure 1. Légende : Bleu : nombre de moulins en Europe de l'ouest selon Merg et col. Rose : nombre total de saumons dans les rivières d'Europe de l'ouest selon les mêmes auteurs, calculé selon le prix du saumon (voir texte).

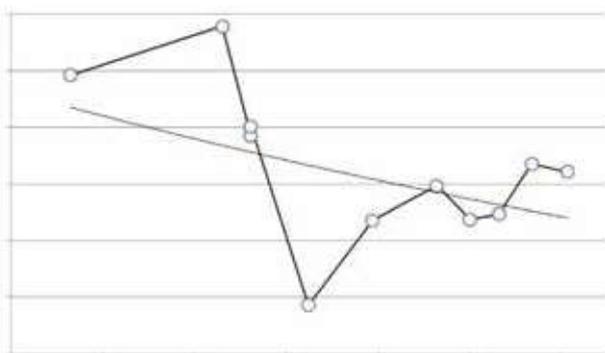


Figure 2. Prix du saumon exporté d'Écosse entre 1311 et 1541.

1e. A vouloir trop prouver...

Pensant avoir démontré que les effectifs de saumon ont décliné de façon hyperbolique depuis le moyen-âge (en rappelant que la relation hyperbolique est une supposition de leur part introduite dans le calcul, et qu'elle n'est pas dans les données), les auteurs cherchent à savoir combien il y avait de saumons sous Charlemagne. Ils estiment qu'il y en avait mille fois plus qu'aujourd'hui, ce qui suggère un recrutement annuel de cent millions de saumons de 3,5 kg chacun, soit 17,5 kg par habitant et par an, enfants compris, ou encore 175 bardes de 100 g par habitant et par an. Même en supposant qu'une faible fraction de cette manne était prélevée, il y a de quoi vous déguster du poisson. En fait, cette conclusion vient en contradiction avec les données des auteurs sur les comparaisons entre saumons et brochets. Les chiffres qu'ils donnent de façon très candide montrent que le rapport saumon/brochet est passé de 22% dans l'Antiquité (Empire romain) à 23% au haut Moyen-Âge, et 27% aux Temps modernes. Rien qui indique une décroissance de 99,9 % des saumons par rapport aux autres poissons! On constate au contraire une rassurante stabilité (tableau 2).

1f. Moulins et pêche

En réalité, le bon sens enseigne qu'il y a bien une relation entre populations de poissons et moulins sans qu'il soit nécessaire de chercher midi à quatorze heures. L'augmentation du nombre de moulins à blé en Europe est une conséquence de l'augmentation de la population à partir de l'an mil. L'augmentation de la surpêche aussi. Rappelons qu'au moyen-âge, des principes religieux obligeaient à respecter une alimentation non carnée environ 90 jours par an, incitant à manger du poisson les vendredis et les jours de carême, soit un jour sur quatre. Pêcher était une nécessité sociale. A cette époque, la pêche n'était pas récréative, avec son cortège moderne d'interdictions bannissant l'usage de filets ou de nasses. Elle ne se limitait pas à pêcher à la ligne et sans asticots quelques semaines par an. Contrairement à la viande sur pied maintenue à des niveaux conséquents par l'élevage (agneau, bœuf, porc, poulet), le poisson était le plus souvent une ressource naturelle, facilement épuisée par la surpêche. Elle devait varier beaucoup

selon les époques. Néanmoins, ce n'est que depuis les pollutions modernes qu'on ne trouve plus de saumon dans une bonne moitié du territoire français, et très peu ailleurs (voir ci-après, chapitre 2). Certes, on pêchait beaucoup dans les biefs et au niveau des retenues, mais cela n'implique pas qu'il y ait eu, ou qu'il y ait encore, une relation causale entre la présence physique du barrage du moulin et les effectifs de poissons. Mais certes, le barrage permettait au propriétaire du moulin (souvent le seigneur) de s'arroger un droit sur la pêche en un lieu particulièrement propice aux captures et à rançonner les chrétiens pratiquants. Cette fonctionnalité du moulin a aujourd'hui disparu, sauf chez les braconniers de civelles.

2. Les causes de la disparition des migrateurs diadromes

Un article tout aussi intéressant est celui publié par Merg et collaborateurs (2020) sur les causes supposées de la disparition des poissons migrateurs diadromes (ceux dont les adultes remontent les rivières), d'autant plus qu'elle utilise les données d'une pépète française, l'OFB (Office français de la biodiversité).

Quand on dit "cause", il faut savoir qu'on ne peut pas tout regarder. Ainsi, les auteurs avertissent dès le début qu'ils ne considéreront pas les micropolluants (produits chimiques de synthèse, dont les perturbateurs endocriniens), la surpêche et les espèces invasives. Cela fait déjà beaucoup de causes éliminées, mais soyons indulgents et voyons pour le reste.

2a. Les déserts industriels.

Les auteurs examinent 555 sites en France dans des rivières où des poissons diadromes existaient avant le XX^e siècle. Dans 45% de ces sites, ils n'en observent aucun. Cela recouvre approximativement tous les bassins industriels : le nord, l'est, la région parisienne, la vallée du Rhône. Cela comprend aussi les têtes de bassins versants.

Dans environ 35% des sites, on trouve toutes les espèces attendues. Cela recouvre l'entièreté des côtes occidentales de la France à basse altitude, de la Mer du Nord au Pays Basque, ainsi que l'intérieur des terres pour les cours d'eau du Sud-ouest:

Charente, Dordogne, Adour et même, par-ci par-là, en Haute Loire.

Dans les 20% restant, correspondant à la partie moyenne des cours d'eau, le nombre de migrateurs a décliné depuis XIX^e siècle à mesure qu'on remonte les rivières.

Tout cela est logique. En ce qui concerne l'industrialisation, elle a largement ravagé la biodiversité d'environ la moitié des eaux douces de ce pays. En ce qui concerne les rivières intermédiaires, il est effectivement attendu que les effectifs des migrateurs diadromes décroissent quand on remonte de l'aval vers l'amont, et jamais le contraire, par définition du mot "diadrome" : il faut bien passer par l'aval avant d'atteindre l'amont, donc la baisse des effectifs ne peut se faire que dans ce sens là. Ce n'est pas vraiment une découverte.

Détail embarrassant : ces conclusions n'apparaissent pas dans le résumé de l'article, c'est-à-dire la seule partie, parce que non-technique, que lisent les non-scientifiques. Ainsi, les lecteurs non-spécialistes n'apprendront pas que les migrateurs ont disparu des zones industrielles (qui n'ont rien de moyenâgeux), soit de 45% des sites examinés en France.

2b. L'impact des grands barrages

Ici, il vaut mieux citer directement l'article, car il dit tout :

"La présente étude a confirmé que la fragmentation des rivières (c.à.d. entre la mer et le site considéré) est une menace majeure pour les poissons diadromes. Dans notre modèle, les statistiques et la courbe de réponse associée à la hauteur maximale des barrières aval suggèrent que la taille des barrières est le facteur qui exerce l'effet le plus fort et le plus abrupt sur l'assemblage diadrome, conduisant à un impact majeur et systématique lorsque les barrages dépassent une dizaine de mètres".

Donc, c'est clair : les grands barrages sont un facteur majeur de la disparition des poissons Diadromes.

Nouveau détail embarrassant: ceci n'est pas dit dans le résumé de l'article. Un oubli qui ne fera plaisir qu'aux grands trusts énergétiques.

2c. L'inefficacité des passes à poissons

Là aussi, une simple citation des auteurs permet de tout dire:

"Malgré des situations contrastées (de 0 à 100% de barrières aval équipées), le ratio de barrières avec passes à poissons n'a pas été retenu dans notre modèle, mettant ainsi en évidence la difficulté de quantifier l'effet atténuant des passes à poissons sur la perte de poissons diadromes. Ce résultat était inattendu étant donné que l'établissement de passes à poissons est

	Saumon	Brochet	Rapport
Âge du bronze et du fer	16	73	22 %
Haut moyen-âge	3	13	23 %
Temps modernes	21	77	27 %

Tableau 2 : Effectifs des sites à saumon et brochets dans diverses fouilles.

une mesure largement soutenue pour restaurer la continuité des rivières et des populations diadromes et que les observations vont dans le sens d'une relation entre le rétablissement en amont des poissons diadromes et la mise en place d'installations de franchissement de barrage".

Si l'on est surpris par ces circonlocutions, c'est qu'on aura oublié que la construction de passes à poissons est un fleuron de l'activité des pouvoirs publics, et que les chercheurs faisant de la recherche appliquée sont bien obligés de dire avec des ménagements que cela ne sert à rien. En langue naturelle et moins diplomatique, ce paragraphe s'écrirait ainsi:

"En dépit de notre échantillonnage considérable, permettant de comparer des rivières sans aucune passe à poissons et des rivières abondamment aménagées en passes à poissons, nos données ne montrent aucun effet de ces dispositifs sur la présence/absence des poissons diadromes. C'est embarrassant, vu que c'est un point essentiel de la politique d'aménagement des rivières. Et comme on ne peut nier que la vertu cardinale des passes à poissons soit de permettre aux poissons de passer, cela veut dire que la cause de la disparition des poissons diadromes est à chercher ailleurs!"

Détail embarrassant de plus: cette importante conclusion n'apparaît nulle part dans le résumé de l'article.

2d. Bidouillages statistiques

L'article étant paru dans une revue scientifique de bon niveau, le comité éditorial permet aux lecteurs de faire leurs commentaires, ce qui arrive cependant très rarement. Or, l'article de Merg et col. a fait l'objet d'une critique téléchargée sur le site du journal par un professeur, W. Evans, à laquelle Merg et col. n'ont pas, à cette date, répondu de façon publique. Ce commentaire remet en cause de façon très incisive les statistiques utilisées. Les différentes critiques portées sont assez abstraites, mais l'une d'entre elles, très parlante, est absolument rédhitoire. Elle concerne la principale conclusion des auteurs: ceux-ci prétendent que la hauteur des petites retenues de moulins a un effet majeur sur la présence/absence des poissons diadromes. Evans fait remarquer que cette conclusion est faussée par le fait que les auteurs ne disposaient pas de la taille de 40 % des seuils, et qu'au lieu de les retirer des données, ils les ont gardés et leur ont attribué une hauteur fictive correspondant au modèle qu'ils voulaient vérifier. Evans enfonce le clou: en statistique, remarque-t-il, il arrive qu'on ait une "donnée manquante". On peut exceptionnellement lui attribuer une valeur arbitraire, tirée au sort parmi les données connues, pour éviter à

l'ordinateur de tomber dans un piège sans fin: chercher à diviser un nombre par zéro, ce qui est mathématiquement impossible! Mais on ne peut pas inventer 40 % des données! Les statisticiens y verraient deux comportements interdits. L'un consiste en une amplification des contrastes dus au hasard qui augmenterait de façon indue leur signification statistique en accroissant de 66 % les "degrés de liberté" de l'échantillon. L'autre consiste à créer des données inexistantes par une procédure anticipant sur ce qu'on cherche à prouver. C'est un peu comme si le Ministère de l'intérieur disait: "On a perdu les résultats de 40% des bureaux de vote, mais on aura quand même un bon chiffre de participation, car on a rempli les bordereaux manquants en recopiant le résultat du bureau d'à-côté; promis-juré que ça ne changera rien au scrutin!"

C'est plus qu'embarrassant, car c'est là-dessus que porte la seule conclusion affichée de l'article, qui la délaie abondamment dans le résumé. Il prétend que "la hauteur maximale et la densité des barrières apparaissent comme les facteurs majeurs de la perte d'espèces", et conclut avec un zèle sans retenue qu'il faut "enlever les barrières de taille petite ou moyenne".

2e. Conflits d'intérêt

Au bout du compte, le résumé de cet article ne cite aucun de ses résultats majeurs: la disparition des diadromes dans les régions industrielles représentant 45% des stations examinées; l'impact des grands barrages; l'inutilité des passes à poissons. Rappelons par ailleurs que les auteurs ont décidé a priori de ne pas examiner le rôle des polluants chimiques, de la pêche et des espèces invasives. On aimerait être à la place des trusts industriels, énergétiques et chimiques et de l'agriculture intensive pour se réjouir d'être débouté si pleinement par l'OFB de toute responsabilité dans la disparition des poissons

La seule conclusion de l'article, qui va elle aussi dans le sens de la politique de l'administration, concerne la destruction des petits seuils, alors que les données sont suspectes d'un charcutage sur lequel on attend toujours les réponses des auteurs.

Ajoutons qu'à aucun moment, les chercheurs ne signalent un conflit d'intérêt. C'est embarrassant, vu que la loi portant création de l'OFB précise que 10% de ses administrateurs doivent être membres des Fédérations nationales de chasseurs et de pêcheurs, et que son conseil d'administration comprend en outre trois représentants des organisations agricoles et agroforestières.

On serait tenté de se dire: Parfait! Avec de tels parrains, l'OFB sera encouragé à étudier l'effet des pratiques agricoles et de la surpêche sur les écosystèmes aquatiques.

Mais quand on examine le site de l'OFB, ce n'est pas du tout l'impression qu'on a.

Il n'y a pas de mal à être en conflit d'intérêt. Cela dépend en l'espèce de l'organisation des pouvoirs publics et non pas d'un choix des chercheurs. Il est symbolisé par cette double tutelle des ministères chargés respectivement de l'environnement et de l'agriculture, et joue certainement un rôle utile à la jointure des logiques opposées, naturelles et sociologiques, qui se négocient autour de la carpe et du lapin en relevant d'une écologie appliquée du paysage. Mais la moindre des choses est de mentionner le conflit d'intérêt, car cette déclaration est obligatoire dans toute revue scientifique. On aimerait que l'OFB (à ne pas confondre avec la FRB, Fondation pour la recherche sur la biodiversité, émanant essentiellement de la recherche fondamentale) rappelle que, malgré son nom, il n'est pas un établissement de sauvegarde de la biodiversité, et notamment qu'il délivre en France les permis de chasser.

3. Eloge du castor

Pour finir sur une note positive, disons un petit mot sympathique pour notre compagnon des rivières, le castor.

Le castor partage quelque chose avec les amis des moulins: leur effet sur la biodiversité. Dans une revue bibliographique déjà ancienne de travaux scientifiques parue dans la revue Bioscience en 2002, Hart et collaborateurs comparaient l'incidence sur l'état des rivières de diverses structures naturelles ou artificielles. Comme le montre la figure ci-après, l'effet d'un barrage de castors sur les indicateurs biotiques ou abiotiques s'apparente à l'effet d'un seuil artificiel de taille moyenne (**tableau 3 page suivante**).

"Par exemple, disaient-ils, les barrages de castors et les petits barrages de moulins ont probablement des effets qualitativement similaires sur les cycles nutritionnels, l'habitat, et les migrations biotiques, bien que le spectre et la magnitude des effets des barrages de castors soient censément réduits du fait de leur porosité et de leur rupture occasionnelle".

Plus récemment, une équipe suédoise (Ecke et col. 2017) a réalisé un "méta-analyse des effets environnementaux des castors comparés aux barrages artificiels. Une méta-analyse est une analyse statistique regroupant des données obtenues par de nombreuses études dans des conditions différentes, mais comparables. Elle mène donc à des conclusions plus qualitatives que quantitatives, mais compensées par un grand pouvoir de généralité. Les auteurs remarquent déjà que ce sont les barrages de castors anciens qui ressemblent le plus aux barrages artificiels, du fait de leur solidification. Ensuite, leur analyse montre

Effets sur	L'écoulement	La température	Le transport de sédiments	La biogéochimie	Les migrateurs	Les habitats
Cascade						
Barrage de débris						
Barrage de castor						
Petit barrage < 50 cm						
Barrage moyen 1-5 m						
Grand barrage > 15 m						

Aucun effet

Faible

Moyen

Fort

Tableau 3. Prédications basées sur les effets écologiques des barrages existants (d'après Hart et al. 2002).

qu'à l'échelle du paysage (c'est-à-dire à l'échelle d'un contexte écologique élargi à la fragmentation et l'interaction des systèmes écologiques naturels et humains), les castors accroissent l'hétérogénéité de l'habitat en augmentant la fréquence des milieux "lenticques" (d'eau calme), avec un effet bénéfique sur la richesse en espèces des poissons et des macroinvertébrés. Ces effets se retrouvent en aval et non en amont des retenues, disent les auteurs, tant dans les barrages de castors que dans les "systèmes artificiels".

Signalons enfin qu'un article paru dans la revue *Nature* (Dewey et col. 2022) a examiné l'influence hydrogéologique de l'extension de l'aire de distribution du castor dans l'État du Colorado (USA). Cette extension est une conséquence du changement climatique. Les barrages de castors ont un effet considérable sur les flux d'oxygène et de nitrates dans le milieu sous-fluvial (la zone située sous le lit des rivières, dite aussi "hyporhéique"). Ces effets surpassent ceux des extrêmes saisonniers, dus aux inondations annuelles, et sont bénéfiques pour les écosystèmes en augmentant de 44 % la diminution des nitrates. Le castor n'est donc pas seulement utile en maintenant une zone humide sur l'espace continental, mais aussi en modifiant les échanges biogéochimiques entre la rivière et son lit.

Et d'après vous, d'où vient cette propriété magique du castor si bénéfique aux

écosystèmes ? De son poil brun soyeux ? De sa queue plate ? De ses fines moustaches facétieuses ? De ses grandes dents en avant ? De ses petites pattes griffues ? De ses yeux rusés ? Pas du tout. Elle vient du fait trivial qu'il construit des barrages sur les rivières en maintenant l'eau. Certes, direz-vous, un petit castor est plus sympathique qu'un beau meunier ou une belle meunière. Sans doute. Mais entre espèces menacées et à protéger, on se comprend. L'effet utile des retenues dans les cycles biogéochimiques est bien connu en recherche fondamentale. Gilles Pinay, médaille d'argent du CNRS pour ses travaux sur l'environnement aquatique, a coordonné la rédaction d'un rapport récent du CNRS (Centre national de la recherche scientifique), de l'IFREMER (L'Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer), de l'INRAE (Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement) et de l'IRSTEA (Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture) sur l'eutrophisation des eaux douces, qui dit notamment :

"L'augmentation du temps de résidence de l'eau dans un tronçon, causée par le ralentissement du courant, permet le dépôt des matières en suspension minérales et organiques phosphorées. Cette augmentation du temps de résidence augmente également le temps de contact du phosphore associé avec les sédiments et les organismes biologiques, favorisant son

adsorption ou absorption. D'une manière générale, tout ce qui permet de ralentir l'écoulement de l'eau dans la rivière et de favoriser les échanges entre le cours d'eau et les sédiments, que ce soit la présence de seuil et de mouille, de méandres, de chenaux secondaires, d'embâcles, favorise aussi l'épuration de l'azote par dénitrification. À l'échelle des réseaux hydrographiques, le taux de dénitrification est plus élevé dans les petits cours d'eau peu profonds que dans les grands fleuves. De plus, la longueur cumulée relative de petits cours d'eau (70 à 80 % des linéaires totaux des réseaux hydrographiques) augmente encore l'importance de la dénitrification dans les sédiments des rivières de têtes de bassins."

Peut-être un jour les arguments scientifiques couvriront-ils les lamentations de ceux qui ne comprennent pas pourquoi ils doivent, tous les printemps, lâcher des truites d'élevage dans les biefs avant de les repêcher, et qui croient que la faute en revient aux moulins.

Bibliographie

Dewey C, et al. (2022) Beaver dams overshadow climate extremes in controlling riparian hydrology and water quality. *Nature Communications*, 13 : 1-9.

Ecke F, et al. (2017) Meta-analysis of environmental effects of beaver in relation to artificial dams. *Environmental Research Letters* 12 : 113002.

Hart D, et al. (2002) Dam Removal: Challenges and Opportunities for Ecological Research and River Restoration. *BioScience*: 52 (8) : 669-682.

Lenders HJ, et al. (2016) Historical rise of waterpower initiated the collapse of salmon stocks. *Scientific Reports* 6: 29269.

Merg ML, et al. (2020) Modeling diadromous fish loss from historical data: Identification of anthropogenic drivers and testing of mitigation scenarios. *PLoS One*. 15:e0236575.

Pinay, G. et coll. (2017) *L'eutrophisation : manifestations, causes, conséquences et prédictibilité*. Synthèse de l'Expertise scientifique collective CNRS - Ifremer - INRA - Irstea, 148 p.

