



# **Les limnosystèmes : les retenues d'eau en arrière des barrages artificiels**

Véronique Maleval, Laurent Touchart, Pascal Bartout, Laurent Lespez

## **► To cite this version:**

Véronique Maleval, Laurent Touchart, Pascal Bartout, Laurent Lespez. Les limnosystèmes : les retenues d'eau en arrière des barrages artificiels. Simon Dufour et Laurent Lespez. Géographie de l'environnement - La nature au temps de l'Anthropocène, 2020. <hal-03031773>

**HAL Id: hal-03031773**

**<https://hal.science/hal-03031773v1>**

Submitted on 14 Dec 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

# **Les limnosystèmes : les retenues d'eau en arrière des barrages artificiels**

Véronique Maleval, Laurent Touchart, Pascal Bartout, Laurent Lespez

Les plans d'eau sont un objet de recherche géographique grâce à la création de la géographie limnologique (Broc, 2010), une discipline qui place lacs et étangs au cœur du fonctionnement hydrographique. Pour ne pas négliger l'importance des interventions anthropiques dans le fonctionnement de ces milieux, elle étudie à la fois les bassins versants et les bassins de vie (Touchart *et al.*, 2014). Ce chapitre est consacré plus spécifiquement aux plans d'eau artificiels, extrêmement nombreux et continuant à croître, hormis en Occident. Les lacs artificiels de la planète représentent un volume de 6 370 km<sup>3</sup> soit un volume à peu près équivalent au volume des lacs naturels et encore les géants naturels que sont la Caspienne et le Baïkal contiennent-ils à eux seuls la moitié du total. Le nombre total de lacs montre encore plus nettement l'importance des plans d'eau artificiels. Si l'on ne considère que les grands barrages, ceux dont la digue dépasse 15 m de hauteur, ils sont environ 60 000 dans le monde, cependant que les lacs naturels (entendus comme des plans d'eau de plus de 100 ha de superficie), sont 127 000 (Pourriot et Meybeck, 1995). En ce sens, près de la moitié des lacs mondiaux seraient artificiels. Ces plans d'eau révèlent parfaitement le mélange entre les dynamiques biophysiques, les pratiques et les représentations sociales.

## **1. Un limnosystème résultat d'une coévolution entre la société et la nature**

## **1.1. Les plans d'eau artificiels : définition d'objets hybrides**

La bibliographie internationale s'entend généralement sur le fait que les lacs se distinguent des étangs par une superficie supérieure à 100 hectares, une profondeur de plus de 6 mètres et un volume de plus d'un million de mètres cube. Les étangs sont considérés par certains comme étant exclusivement artificiels, ce critère étant pour eux définitoire comme le sont leur caractère vidangeable et leur vocation piscicole. Cependant, même pour ceux qui regardent les étangs comme des plans d'eau de taille intermédiaire entre la mare et le lac, quelle que soit leur origine (Touchart, 2007), il est bien entendu que la plupart des étangs ont une origine anthropique et une fonction avant tout piscicole, quoique souvent élargie à d'autres usages. De nombreux étangs sont anciens et datent de l'époque médiévale. Dans certaines régions comme la Brenne ou la Dombes, les étangs sont régulièrement vidangés et leur caractère artificiel est entretenu, mais, dans d'autres régions, comme le Limousin ou le massif Armoricaïn, nombre d'entre eux, pourtant d'origine artificielle, évoluent presque comme des plans d'eau naturels, non vidangés pendant plusieurs décennies, largement comblés de sédiments, évoluant vers l'eutrophisation, la marécagisation, et alimentant leur émissaire par surverse. Il y a là déjà une ambiguïté sur le statut de ces objets, d'origine artificielle, peuvent-ils être envisagés comme des infrastructures naturelles ?

Bien qu'il ait existé des lacs artificiels dès l'Antiquité, en Chine, en Inde, au Japon ou encore en Egypte, force est de reconnaître que le grand siècle de leur construction a été le XX<sup>ème</sup>. Le nombre de grands barrages dans le monde est ainsi passé de 5 000 à 45 000 des années 1950 aux années 1990. Et les constructions se poursuivent. La grande majorité des lacs de barrage sont donc très récents, leurs rivages sont peu évolués, n'ont pas fini de se régulariser, la sédimentation dans les plus grandes profondeurs est encore peu épaisse, d'autant qu'ils sont généralement vidangés régulièrement. Dans un pays comme la France, pourtant très riche en lacs de barrage et l'une des grandes puissances hydroélectriques mondiales, le nombre d'étangs est d'environ mille fois supérieur à celui des lacs. En effet, Electricité de France (EDF) recense aujourd'hui environ 450 lacs de barrage, dont 220 produisant de l'hydroélectricité, alors que P. Bartout et L. Touchart, 2013 ont recensé 554 566 plans d'eau de plus d'un are, dont 251 289 étangs au sens strict.

Ce qui définit ces objets par rapport aux autres composantes de l'hydrosystème, c'est la stagnation des eaux de surface mais il faut bien avoir à l'esprit que cette stagnation est en fait plutôt une augmentation de la résidence en un lieu des eaux superficielles dont la durée peut-être très variable. Ainsi, en moyenne, malgré des exceptions, le temps de séjour des eaux dans les plans d'eau retenus derrière un barrage artificiel est plus court

que celui des plans d'eau naturels. En effet, les digues ou les chaussées barrent un bassin hydrographique qui possédait un réseau fluvial hiérarchisé, alors que nombre de plans d'eau naturels (lacs volcaniques de caldeira, de cratère, de maar, lacs de culot de glace morte de type kettle, etc.) ne sont surmontés que par un bassin versant élémentaire ou de petite taille. Ainsi la moyenne du temps de séjour de l'eau dans les 14 289 étangs limousins est de 28 heures et une moyenne pondérée par leur superficie donne 9 jours. Ces valeurs sont évidemment variables d'un étang à l'autre (Tableau 1).

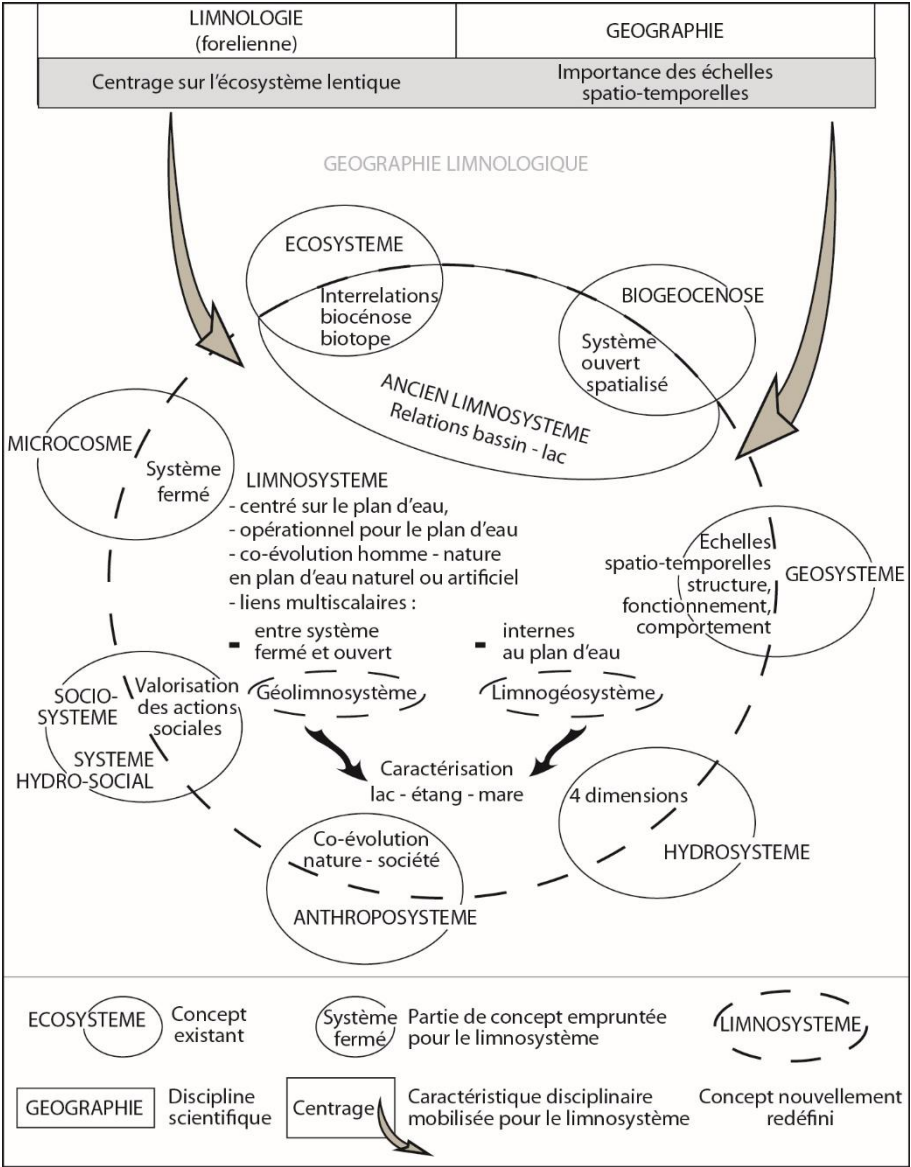
**Tableau 1 : Comparaison du temps de séjour des eaux d'étangs limousins**

	Superficie (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Temps de séjour (jours)
De Cieux	346 300	572 427	43
Du Theil	21 870	23 285	4,2
Des Garennes	15 490	12 007	1,6
De la Ramade	620 000	700 000	19,6
Du Château	4 300	9 720	7

## 1.2. Le limnosystème : un anthroposystème

Même dans le cas des lacs naturels, donc a fortiori dans celui des plans d'eau d'origine artificielle, L. Touchart et P. Bartout (2018) militent pour reconnaître dans tout plan d'eau un limnosystème considéré comme un anthroposystème limnique (Figure 1). Cela signifie que le plan d'eau doit être envisagé comme un système interactif entre l'écosystème et le sociosystème, fondé sur leur « coévolution fonctionnelle » (Lévêque *et al.*, 2003). Au-delà du caractère fonctionnel, conduisant les scientifiques à étudier les processus physiques à l'œuvre au sein du plan d'eau et les activités humaines, les uns et les autres étant en interaction permanente, l'image que les sociétés riveraines ont du plan d'eau est transformée par cette approche. Se distinguant de l'hydrosystème, trop souvent fluvio-centré, le limnosystème assume d'être centré sur le plan d'eau, résolvant ainsi l'image négative produite par un plan d'eau présenté comme un accident dans l'hydrosystème, donc un perturbateur, même quand il est d'origine naturelle et encore plus quand il est d'origine artificielle. Au contraire, le limnosystème, qui se conduit « à la fois comme un aval collecteur et un amont moteur » des processus physiques, rend des services écosystémiques, crée de la valeur économique, contribue à consolider le lien social et participe à l'identité territoriale, pour construire de véritables « territoires limniques » (Bartout et Touchart, 2017).

Ces réflexions conceptuelles peuvent s'appliquer concrètement et se décliner à de multiples échelles, comme la limnorégion, le territoire limnique ou encore la personnalité géographique de chaque lac.



**Figure 1 : Le limnosystème, un concept de géographie limnologique adapté à l'étude des plans d'eau comme objets hybrides (L. Touchart et P. Bartout, 2018).**

### 1.3. Un élément clé du limnosystème : la température de l'eau

La température de l'eau conditionne d'abord directement un certain nombre de phénomènes physiques ou de réactions chimiques. En particulier, sa diminution augmente la solubilité d'un certain nombre de gaz, comme l'oxygène, nécessaire à tous les animaux aquatiques et à la décomposition bactérienne, et l'azote, que les cyanobactéries ont la capacité de fixer.

Elle a également pour conséquence de provoquer des différences de densité des masses d'eau, qui tendent à se superposer les unes aux autres. Cela stabilise la tranche d'eau et rend difficiles ou impossibles les échanges verticaux et les mélanges. Les gaz de surface, comme l'oxygène, ne peuvent se répartir en profondeur, les calories demeurent au sommet de la colonne d'eau, les substances nutritives relâchées par les vases du fond ne peuvent remonter vers la surface et être consommées. A l'inverse, quand la stratification est détruite, l'homothermie favorise les échanges. Dans les étangs, plus encore que dans les lacs où la course du vent, plus longue, permet un brassage forcé plus important, c'est la température qui est le grand moteur du mouvement ou de l'absence de mouvement vertical de l'eau. C'est elle qui conditionne le fonctionnement trophique de l'ensemble du plan d'eau, sa bonne santé ou non.

Ainsi, elle détermine les conditions de vie au sein de la masse d'eau. La plupart des organismes peuplant les étangs sont poïkilothermes : la température de leur corps dépend de celle de l'eau, si bien que leur activité aussi. Leur vie n'est possible qu'à l'intérieur d'un intervalle de tolérance borné par deux températures dont le dépassement provoque leur mort. A l'intérieur de cet intervalle de tolérance se trouve un espace de normalité thermique, au sein duquel les principales fonctions de l'organisme s'accomplissent correctement, en particulier la croissance. La taille atteinte lors des stades de développement successifs et le poids des organismes sont liés à la température. Quant au temps qui sépare chaque stade, il se réduit chez la plupart des êtres vivants avec l'augmentation de la température, parfois même le nombre de stades, comme chez certaines larves de libellules.

Concernant les liens entre l'écosystème et le sociosystème, la température de l'eau se place à une articulation décisive mais problématique. Les pisciculteurs préfèrent habituellement une eau chaude, laquelle augmente la productivité. L'indice de consommation croît en effet avec la chaleur de l'eau, ainsi que la digestibilité des protéines. Il est vrai que cette évolution s'accompagne d'une diminution de l'oxygène, mais une oxygénation artificielle permet d'y remédier. Les pêcheurs en étang, souvent dans le cadre de loisirs familiaux, sont généralement favorables, jusqu'à un certain point, à une température élevée, qui accroît la biomasse totale, alors que les pêcheurs

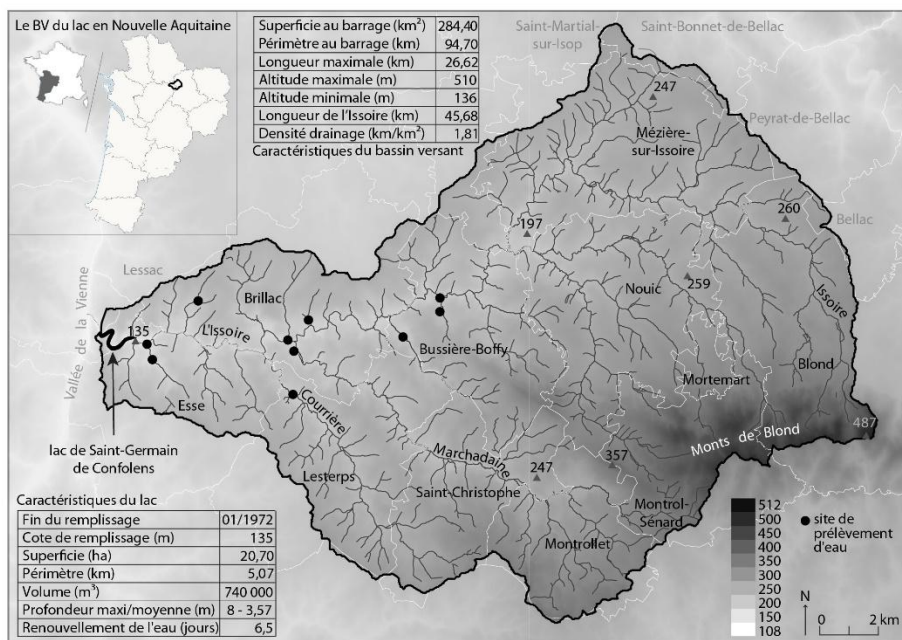
en cours d'eau penchent plutôt pour une température basse, en particulier dans les régions concernées par les Salmonidés.

## **2. La société et ses lacs : tirer bénéfice de leur existence, lutter contre leurs effets et ceux de leurs tributaires**

A partir de deux études de cas, nous allons aborder les enjeux qui pèsent aujourd'hui sur le devenir des étangs et des lacs. Les barrages étudiés, le lac de Saint-Germain-de-Confolens en Charente et le complexe constitué par les lacs de Vezins et la Roche-qui-Boit dans la Manche, ont des similitudes comme la ruralité de leur bassin versant ou les problèmes environnementaux liés à la sédimentation de leur cuvette et à la qualité de leurs eaux.

### **2.1. Saint-Germain-de-Confolens : un lac de petite taille et les enjeux de la gestion de son bassin versant**

Le lac de Saint-Germain de Confolens a été mis en eau en 1972, sur l'Issoire (bassin de la Loire), pour alimenter en eau potable le Confolentais, un territoire d'environ 14 000 habitants (Figure 2). Cette fonction exclusive représente un enjeu considérable pour la population et le syndicat d'eau, structure qui gère la retenue et la distribution de l'eau, dans le sens où, depuis toujours, la qualité de l'eau pose problème. En effet, dès la création du lac, la présence dans l'eau brute de métaux, de pesticides, d'algues toxiques ou encore de matières organiques, dont les teneurs atteignent la limite de potabilisation, dégrade sa qualité et multiplie les traitements coûteux, parfois inefficaces, avant distribution. L'objectif du syndicat était donc de connaître les paramètres environnementaux responsables de cette situation pour, *in fine*, conserver la distribution d'une eau répondant aux normes de potabilité.

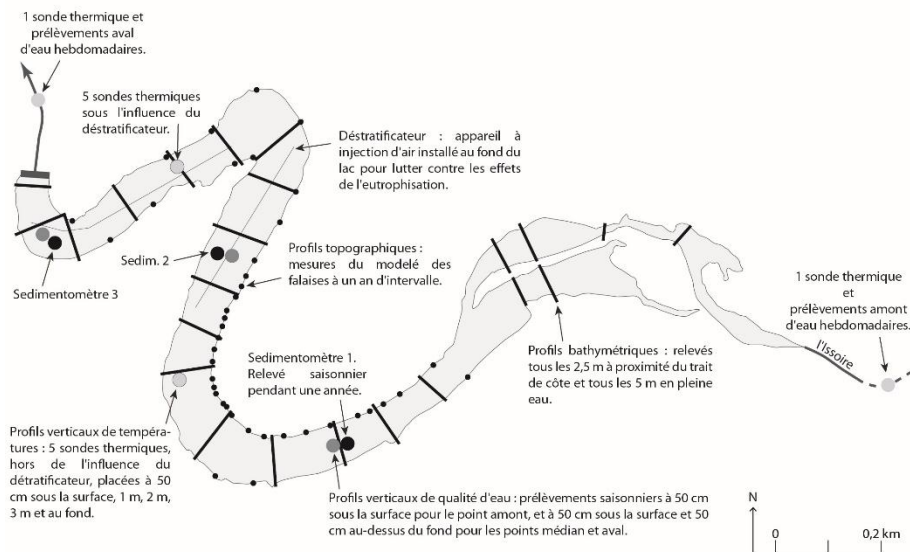


**Figure 2 : Les caractéristiques du bassin versant et du lac de Saint-Germain-de-Confolens (TMCarto et V. Maleval, 2017 ; MNT IGN BD TOPO, 2012-2015).**

- Le protocole d'étude a été articulé autour des volets sédimentologiques et physico-chimiques. Pour le lac, l'ensemble des techniques mises en œuvre (instrumentations *in situ* de sondes thermiques et de sédimentomètres, échantillonnage d'eau et de sédiments pour analyses, observations et mesures directes, traitements informatiques), qui amène au diagnostic physique de l'état du lac et aux causes de cet état, parait dans la figure 3. Pour le bassin versant, afin d'expliquer l'origine des problèmes de qualité de l'eau lacustre, l'étude s'est intéressée à l'évolution de l'occupation du sol depuis la création du lac. Pour cela, un travail de photo-interprétation (image aérienne de 1972 et 2011, bases cadastrales topographiques et agricoles), a permis de connaître les changements d'affectation du sol et du linéaire des haies. De plus, pour identifier l'origine des perturbations et connaître le rôle du bassin versant sur la qualité de l'eau, dix sites de prélèvement dans l'Issoire et quelques-uns de ses affluents, définis en fonction de leurs particularités (présence en amont de labours, vergers, étangs, villages de vacances), ont fait l'objet de trois campagnes d'échantillonnage d'eau pour analyses (les mêmes pa-



ramètres que pour l'eau lacustre).



**Figure 3 : La méthodologie de terrain (V. Maleval, 2017).**

- Les résultats montrent qu'une des origines des problèmes de qualité d'eau est interne, à savoir la faiblesse de l'oxygénation de la masse d'eau, pourtant aérée depuis 1996 à partir du printemps par un déstratificateur. Mais ils révèlent surtout que les problèmes de gestion actuelle sont le résultat du fonctionnement du bassin versant. En effet, le bilan sédimentaire du lac montre la prédominance des apports du bassin versant (88 %) sur les apports biogènes (12 %) et littoraux (0,2 %) (Maleval et al., 2017). En effet, via l'Issoire, le bassin versant dont l'occupation est majoritairement agricole (59 % de prairies et 17 % de labours), amène au lac des flux significatifs de matières (sédiments et nutriments en particulier), sources de sédimentation lacustre (taux de comblement moyen de 11 cm/an) et de dégradation de la qualité de l'eau par eutrophisation, processus amorcé par l'anoxie des eaux profondes favorisant les relargages (fer, phosphore et ammoniac) à partir des sédiments. Les affluents localisés dans la partie la plus proche du lac, celle qui concentre la plus forte pression agricole, la plus forte concentration de population, ainsi que les plus fortes pentes (jusqu'à 11°) et où de nombreuses haies ont été arrachées (par exemple 27 % à Esse), apportent 28 % au total des flux de différents éléments (métaux, composés azotés et phosphorés issus de la fertilisation) utilisés par la flore lacustre, phytoplancton, cyanobactéries potentiellement toxiques et vases provenant des innombrables étangs présents dans

le bassin versant alors qu'ils ne représentent que 16 % de la superficie du bassin.

Ainsi, l'envasement de la cuvette et la rapide dégradation de la qualité de l'eau du lac résultent majoritairement des modifications de l'usage des sols du bassin versant, des activités agricoles (produits chimiques, arrachage de haies, arasement de talus, etc.). Cette approche qui souligne l'imbrication des processus biophysiques et des forçages anthropiques dans l'évolution d'un limnosystème, révèle les conflits d'usages existant lorsque le bassin d'un lac destiné à l'alimentation en eau potable est agricole et que les agriculteurs privilégient les aspects économiques et agricoles, au dépend des aspects environnementaux. Comme le montre cette étude, la géographie permet de passer d'un thème apparemment purement technique à une problématique d'organisation du territoire.

## **2.2. Les barrages de Vezins et La Roche-qui-Boit : la nature au prisme de la société**

En 2019, l'arasement du barrage hydroélectrique de Vezins sur la Sélune, petit fleuve côtier normand se jetant dans la baie du Mont Saint-Michel, est le fruit d'un long et chaotique projet de restauration écologique. Mis en service en 1932, d'une hauteur de 36 m et générant un lac de 20 km de long, le projet d'arasement a été l'occasion du développement d'un conflit environnemental important à l'échelle locale. Sa suppression aboutit de fait à une reconfiguration importante des milieux et des paysages (Germaine et al., 2019). Les paysages sont le produit de la rencontre du milieu naturel et des activités humaines, mais ils ne prennent sens et n'existent qu'au travers des regards des observateurs. L'émotion suscitée par le projet d'arasement a révélé l'attachement aux paysages des lacs par les riverains et les usagers. Si pour les promoteurs de la restauration écologique, et en particulier de la libre circulation des salmonidés, le retour des écoulements libres est envisagé comme un retour de la nature et de processus plus naturels, le projet d'arasement a bouleversé la manière d'appréhender les lieux en conférant aux barrages et aux lacs un statut de paysage quasiment patrimonial pour d'autres. Perçu par de nombreux habitants comme un abandon, plus que la renaissance louée par le projet écologique, il révèle une peur de la friche et de l'absence de projets de reconversion garantissant une dynamique pour le territoire au-delà du retour du saumon. La volonté d'un retour à une rivière plus naturelle s'oppose à une demande de nature maîtrisée, entretenue et valorisée. Ainsi, les riverains voient dans les lacs de barrages et les eaux stagnantes une nature qu'ils apprécient. D'une certaine manière, ils ont assimilé l'hybridité des lacs et la naturalisation de nos artifices (cf. chapitre 1-

1). Au contraire, les partisans de la restauration écologique ne veulent pas de cette nature supposée appauvrie en biodiversité qui ne permet à la rivière d'exprimer tout sa capacité écologique. Ainsi, la sortie du débat est compliquée car les projets d'arasement des seuils et des barrages sont les révélateurs de nos désaccords sur ce qu'est la nature dans notre monde contemporain bien plus qu'une opposition entre l'artificiel et le naturel comme cela est parfois caricaturé. La restauration écologique est sans aucun doute une opportunité pour réconcilier les populations avec leur environnement mais à condition que le projet commence par écouter ce qu'ont à dire les populations pour comprendre ce qui est en jeu pour eux. Il faut assumer qu'ils parlent aussi de paysage et de nature mais qu'ils ont construits cette nature par des savoirs et dans des registres différents des scientifiques qui s'inquiètent à juste titre de la 6<sup>e</sup> extinction. Dans le monde des hybrides et des artifices naturalisés, les anciennes catégories ne peuvent suffire à résoudre le débat.

## Conclusion

A l'inverse des milieux lotiques que sont les cours d'eau, les plans d'eau, milieux lentiques utilisés par l'homme et parfois construits par eux, sont représentatifs de l'imbrication du social et du naturel. Ils sont par définition des milieux biophysiques anthropisés ou des milieux artificiels aux dynamiques considérées comme naturelles, autrement dit des objets hybrides. Ces milieux lacustres originaux sont donc devenus des sociosystèmes que certains voudraient voir disparaître malgré les multiples services qu'ils rendent à la société (loisirs, pisciculture, irrigation, climatisation, ...) et de leur participation potentielle à la transition énergétique par la production d'une électricité verte. Mais ils peuvent être à l'inverse considérés comme des *monuments naturels* à conserver, tant ils peuvent avoir un rôle important à jouer en ce XXI<sup>e</sup> siècle. A l'heure de la privatisation des barrages, l'étude des étangs et des lacs montre que leur gestion est définitivement un problème politique qui possède des dimensions spatiales multiples.

## Bibliographie

### Pour aller plus loin :

1. Bartout P. et Touchart L., 2013. L'inventaire des plans d'eau français : outil d'une meilleure gestion des eaux de surface. *Annales de Géographie*, 691 : 266-289.
2. Broc, 2010. *Une histoire de la géographie physique en France*. Presses Universitaires de Perpignan, 2 tomes, 709 p.
3. Lévêque Ch., Muxart T., Abbadie L., Weill A. & Leeuw S. van der, 2003. « L'anthroposystème : entité structurelle et fonctionnelle des interactions sociétés-milieux » in Lévêque Ch. & Leeuw S. van der, Ed, *Quelles natures voulons-nous ?*

- Pour une approche socio-écologique du champ de l'environnement*. Paris, Elsevier, 324 p. : 110-129.
4. Pourriot R. & Meybeck M., Dir., 2015. *Limnologie Générale*. Paris, Masson, 956 p.
  5. Touchart L., Dir., 2007, *Géographie de l'étang, des théories globales aux pratiques locales*. Paris, L'Harmattan, 228 p.
  6. Touchart L. et Bartout P., 2018. « Le limnosystème est-il un concept géographique ? » *Annales de Géographie*, 127(719) : 29-58.

#### Références :

1. Bartout P. et Touchart L., 2017. « Le territoire limnique, une alternative à la gouvernance des plans d'eau par masses d'eau ? » *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement* [En ligne], Volume 17 numéro 3 | décembre 2017, mis en ligne le 15 décembre 2017, URL : <http://journals.openedition.org/vertigo/18692> ; DOI : 10.4000/vertigo.18692
2. Germaine M.-A., Drapier L., Lespez L. Menozzi M.-J, Thomas O., 2019. Entre désir de nature et peur de l'abandon : quelles attentes paysagères après l'arasement des barrages hydroélectriques de la Sélune ? *Projet de Paysage*, URL : [http://www.projetsdepaysage.fr/fr/entre\\_d\\_sir\\_de\\_nature\\_et\\_peur\\_de\\_l\\_abandon\\_q\\_uelles\\_attentes\\_paysag\\_res\\_apr\\_s\\_l\\_arasement\\_des\\_barrages\\_hydro\\_lectriques\\_de\\_la\\_s\\_lune](http://www.projetsdepaysage.fr/fr/entre_d_sir_de_nature_et_peur_de_l_abandon_q_uelles_attentes_paysag_res_apr_s_l_arasement_des_barrages_hydro_lectriques_de_la_s_lune)
3. Maleval V., Pitois F., 2017. Fonctionnement hydro-sédimentaire et bilan sédimentaire du lac de Saint-Germain-de-Confolens (Charente, France) : paramètres géomorphologiques à prendre en considération dans la gestion du lac. *Physio-Géo* [En ligne], Volume 11 | 2017, mis en ligne le 10 novembre 2017. URL : <http://journals.openedition.org/physio-geo/5544> ; DOI : 10.4000/physio-geo.5544
4. Maleval V., Pitois F., 2018. La qualité de l'eau du lac de Saint-Germain-de-Confolens (Charente, Nouvelle-Aquitaine) : diagnostic et proposition d'actions pour l'aide à la gestion. *Noréis* n° 246, 2018/1, p. 29-56.
5. Touchart L., Bartout P., Nedjai R., 2014. La géographie limnologique en France : conjugaison de l'espace et du temps pour la compréhension des relations homme-milieu. *Bulletin de la Société Géographique de Liège*, 62, pp. 81-91.