

LA GÉOGRAPHIE LIMNOLOGIQUE EN FRANCE : CONJUGAISON DE L'ESPACE ET DU TEMPS POUR LA COMPRÉHENSION DES RELATIONS HOMME-MILIEU

Laurent TOUCHART, Pascal BARTOUT et Rachid NEDJAI

Résumé

La limnologie est née en 1892 en Suisse en tant que géographie des eaux des lacs. Elle a ensuite évolué vers les sciences exactes, s'éloignant des sciences humaines, particulièrement en France. Depuis une vingtaine d'années, la géographie limnologique française enrichit la limnologie en s'appuyant sur les changements d'échelles et la prise en compte des faits de société. Elle apporte à la géographie un nouvel objet, le plan d'eau pris en tant que système (lac, naturel et artificiel et étang), et participe de façon originale aux recherches sur les territoires de l'eau.

Mots-clés

épistémologie de la géographie, limnologie, lac, étang, barrage, hydrosystème, limnosystème, territoires de l'eau

Abstract

Limnology is born in 1892 in Switzerland as geography of lakes. Then it became a part of the exact sciences and wandered from social sciences, especially in France. For some twenty years the French limnogeography has brought to limnology spatio-temporal scales and social facts. It has brought to geography a new object: lake, reservoir and pond. It has taken an original part to the study about territories of water too.

Keywords

epistemology of geography, limnology, lake, pond, reservoir, hydrosystem, limnosystem, territories of water

I. INTRODUCTION

Les liens entre la limnologie, science des lacs et des plans d'eau, et la géographie, forment une partie de la question épistémologique complexe des relations entre l'hydrologie, l'ensemble des sciences de l'eau et la géographie. La structure de deux grands manuels de référence récents en hydrologie, écrits en langue française, permet de poser concrètement le problème. Dans son *Précis d'hydrologie marine et continentale*, A. Guilcher (1979) présente les objets hydrologiques qui sont posés sur le substrat rocheux de notre planète : l'océan, les mers, les lacs, les fleuves et les rivières. Ce sont eux qui déterminent le plan de l'ouvrage. Dans leur *Hydrologie continentale*, C. Cosandey et M. Robinson (2000, 2012) présentent les phases de l'eau, les formes de l'eau et les liens qui les font passer d'un état à l'autre et d'un lieu à l'autre. Ce sont ces phases qui structurent le plan. La différence conceptuelle est considérable. Le premier travaille à l'échelle de la masse

d'eau, les seconds à celle de la goutte d'eau qui effectue un cycle. Parmi les conséquences de cette pensée différente, A. Guilcher (1979) exclut la phase aérienne et souterraine du cycle de l'eau, la laissant aux climatologues, pédologues et géomorphologues, alors qu'elle constitue plus de la moitié du manuel de C. Cosandey et M. Robinson (2000). À l'inverse, ceux-ci séparent de façon étanche leur hydrologie continentale de l'océanographie, alors que cette dernière est clairement considérée comme le moteur de toute l'hydrologie par le premier.

L'opposition entre ces deux manuels est représentative de deux écoles. La première est héritée du *Traité de géographie physique* d'E. de Martonne (1909). Sous des formes très modernisées et évoluées, elle se ressent aujourd'hui dans les écrits de J.-R. Vanney (2002a et b). Elle est assez typiquement française et sa démarche est largement qualitative. La seconde, plutôt anglo-saxonne et quantitative, met en avant les flux ; elle se trouvait précédemment dans des

manuels de géographes britanniques (Ward, 1967) ou des ouvrages d'hydrologie français écrits par des auteurs non géographes (Réménieras, 1960). Dans la première école géographique, le lac est présent en tant qu'océan en miniature, dans la seconde en tant que maillon de la chaîne hydrographique continentale. Dans le cadre d'une recherche épistémologique, la limnologie pourrait être étudiée, à l'intérieur de l'hydrologie, sur le même plan que l'océanographie, la potamologie ou les autres sciences dans lesquelles l'eau joue un rôle (glaciologie, nivologie, pédologie, climatologie, etc.), si l'on voulait privilégier la démarche de la première école. La limnologie pourrait aussi être étudiée, à l'intérieur de la science du cycle de l'eau, sur le même plan que les recherches scientifiques des bilans d'eau, comme une partie des recherches sur les stockages et déstockages, les rétentions et les décalages, si l'on voulait favoriser l'approche de la seconde école.

Mais l'important se trouve être que, jusqu'à récemment, dans les deux cas, la place du lac, du plan d'eau, des eaux continentales stagnantes, de la limnologie, étaient très réduites. Qu'est-ce qu'un minuscule plan d'eau par rapport à l'océan, pour les premiers ? Que vaut un simple accident du profil en long d'un grand réseau hydrographique et l'éphémère emmagasinage d'eau par rapport au cycle mondial, pour les seconds ? Or le lac, le plan d'eau, la limnologie ne méritent-ils pas d'être réévalués ?

Pour tenter de répondre à cette question majeure, trois directions doivent être envisagées. Il conviendra d'abord de retracer une succincte histoire de la limnologie en privilégiant la place prise par la géographie. Il faudra ensuite mettre en valeur les méthodes et la démarche de l'actuelle géographie limnologique, dans le but de montrer en quoi elle enrichit, d'une part, la limnologie, d'autre part, la géographie.

II. L'HISTOIRE DE LA LIMNOLOGIE ET LA PLACE DE LA GÉOGRAPHIE

Les rares articles (Elster, 1974) ou chapitres (Horne et Goldman, 1994) traitant de l'histoire de la limnologie sont habituellement portés sur l'aire culturelle anglo-saxonne et la biologie. Au contraire, le parti pris sera ici plutôt français et géographique.

Dès le XVIII^e siècle, quelques travaux pionniers

préfiguraient la science des lacs, dont ceux du Suisse H.-B. de Saussure (1779) sur le Léman. Ce fut dans cette lignée et sur les bords du même lac que F.-A. Forel fonda le terme de limnologie en 1892. Bien qu'il fût Professeur d'anatomie à l'Université de Lausanne, la définition qu'il donna de son néologisme mettait la géographie au centre de la nouvelle science : il s'agissait de « la géographie des eaux [...] des lacs » (Forel, 1892, p.VI). Et il mit son précepte en application en travaillant toute sa vie sur les lacs selon une démarche géographique, qui, pour lui, trouvait son expression majeure dans la globalité de la recherche. Son influence fut considérable sur tous les savants de l'époque, si bien qu'une méthode de travail proche, tout en étant plus cartographique, fut utilisée par le premier limnologue français, A. Delebecque (1892, 1898). Pourtant, ingénieur des Ponts et Chaussées, celui-ci n'était pas non plus un géographe.

Une césure se produisit lors de la création de l'Association Internationale de Limnologie en 1922 par le biologiste allemand A. Thienemann. Sous sa férule, la limnologie fut redéfinie en une biologie des eaux continentales et pratiquée comme une hydrobiologie des seules eaux douces (Thienemann, 1925). Malgré quelques nuances et exceptions, cette transformation se propagea au monde entier et la situation est restée jusqu'à aujourd'hui, celle d'une science très fortement dominée par la biologie (Naumann, 1931, Rawson, 1942, Welch, 1952, Ruttner, 1963, Golterman, 1975, Margalef, 1983, Stella, 1984, Schwoerbel, 1987, Wetzel, 2001 & Akbulut N.E., 2004). Quelques grands limnologues biologistes l'ont regretté plus ou moins ouvertement (Hutchinson, 1957, Dussart, 1966 et 1992, Cole, 1983, Burgis & Morris, 1987), appelant à une moins grande spécialisation. Certains limnologues géologues géochimistes, comme A. Lerman (1978) et M. Meybeck (1995a et b), ou biologistes, comme B.V. Timms (1992) et D. Banas (2011), ont certes publié des travaux d'une optique assez proche de la géographie. Mais cela ne contredit pas la très grande disproportion.

Pourtant, depuis un siècle, dans un certain nombre de pays, des géographes se revendiquant en tant que tels, le plus souvent universitaires, ont effectué des recherches très majoritairement ou exclusivement en limnologie, d'abord l'Allemand W. Halbfass (1901 et 1923) et le Japonais S. Yoshimura (1937 et 1976), puis l'Autrichien H. Löffler (1957), installé

aux États-Unis, ou plus récemment le Suédois L. Håkanson (1981), sans compter les écoles géographiques russes, polonaises et roumaines favorisant un grand nombre de limnologues. Le géographe roumain P. Gâstescu en est l'exemple éminent, depuis ses publications des années 1960 jusqu'à la création par lui de l'Association de Limnographes en 2008.

En France, un certain nombre de géographes avaient écrit sur les lacs, mais en marge de leur objet de recherche principal, par exemple le potamologue M. Pardé (1925), présentant le Léman pour mieux étudier le Rhône, le climatologue J. Loup (1971), intéressé par les microclimats lacustres, le karstologue J. Nicod (1978) à propos des poljés, les hydrologues J.-L. Edouard et H. Vivian (1984), ainsi que les géomorphologues J.-L. Peiry et A. Marnezy (2000), analysant l'effet des retenues hydroélectriques sur les modifications des débits, la rupture du continuum sédimentaire et la dynamique des lits fluviaux. Mais, malgré les vœux restés sans suite de J. Tricart (Juillard, 1951), le fait est que, avant 1992, aucun géographe français n'avait placé le lac et les autres plans d'eau stagnante, au sens de F.-A. Forel (1901), comme recherche exclusive, ni théorisé la limnologie en géographie, ni mis le plan d'eau, naturel ou artificiel, au cœur du fonctionnement hydrographique, comme un moteur et non comme un accident ou comme un perturbateur du réseau fluvial. C'est la mise en place de ce triple renversement, qui a conduit le géographe épistémologue N. Broc (2010) à considérer L. Touchart comme le fondateur de la géographie limnologique en France. Le troisième point du changement épistémologique, d'ailleurs contestable, mérite débat. Y a-t-il une différence entre un potamologue ou un géomorphologue fluvial étudiant un lac ou un étang, et un limnologue étudiant un tributaire ou un émissaire fluvial ?

III. L'APPORT DE LA NOUVELLE GÉOGRAPHIE LIMNOLOGIQUE À LA LIMNOLOGIE

A. L'apport des échelles spatio-temporelles à la limnologie

La limnologie introduit certes parfois l'espace et le temps dans ses travaux, mais ces facteurs forment plutôt un outil de comparaison, d'identification

(par exemple les sources de contaminants) ou d'illustration. La géographie limnologique les place, quant à elle, au centre de la réflexion et, par emboîtement d'échelles, structure sa démonstration à travers eux (Touchart, 2002).

1. Le plan d'eau dans l'espace

J.A. Downing (2009) a récemment plaidé pour la prise en compte de l'échelle mondiale dans l'étude des plans d'eau, y compris les petits étangs piscicoles, s'appuyant sur le fait que leur très grand nombre associé à leur très forte productivité unitaire en faisait un piège à carbone à prendre en compte dans l'étude du changement global. Cela rehausse l'intérêt des travaux de géographes comme S.I. Rjanžin (2005) mettant au point des méthodes de décompte planétaire des plans d'eau.

Une deuxième échelle est fournie par le territoire et la région. Le territoire de gestion administrative et politique sur lequel des problèmes de recensement des plans d'eau se posent et, plus encore de détermination de leur superficie par rapport à ce territoire, conduit les géographes à affiner (Bartout & Touchart, 2014) la notion par ailleurs bien connue (Penck, 1894, Halbfass, 1933, Domanickij *et al.*, 1971, Meybeck 1995a et b, Downing & Duarte, 2009) de limnité. La région lacustre offre quant à elle des gradients géographiques, étudiés par exemple dans les lacs du Jura du NO au SE pour les teneurs en métaux lourds (Nedjai, 2010, Nedjai *et al.*, 2011).

Une troisième échelle est représentée par le bassin versant situé à l'amont du plan d'eau et les distances d'impact de celui-ci sur l'aval.

R. Nedjai (2010) a montré qu'une quatrième échelle, l'espace périlacustre, formait un écotone majeur pour la dynamique hydrosédimentaire des plans d'eau. Par l'estimation des flux de métaux lourds dans les lacs du Jura, il a montré la forte participation de ces espaces intermédiaires dans la régulation des flux et le contrôle des apports de versant. Cet effet tampon atténue les flux chimiques en basses eaux et les libère en hautes eaux. Se situant dans le débat entre les tenants de la production de matière organique d'origine interne (algues) et ceux partisans de l'origine exogène, il a montré que les espaces intermédiaires, ici pour la plupart tourbeux colonisés par des formations arbustives, provoquent la production de grosses quantités de matière organique par dégradation.

2. L'espace dans le plan d'eau

À la stratification de chaque phénomène pris un par un (stratification thermique, photique, etc.), le géographe préfère l'intégration verticale de tous les processus pour construire la notion d'étagement (Wilhelm, 1960). La géographie limnologique met aussi en avant la répartition en plan des phénomènes en lac et en étang (Koff & Vandiel, 2008, Touchart & Bouny, 2008) et finit d'intégrer les trois dimensions en séparant les volumes des masses d'eau internes au lac et à l'étang.

3. Les échelles temporelles dans la structuration spatiale

Répondant au plan d'eau dans l'espace, la prise en compte du temps dans l'étude des sédiments lacustres, considérés comme des marqueurs, permet la reconstitution des paléo-environnements. Dans ce type d'études, la démarche la plus fréquente est celle d'équipes pluridisciplinaires auxquelles participent certains géographes (Arnaud *et al.*, 2006, Millet *et al.*, 2009). La géographie limnologique peut mener des travaux assez proches, en insistant sur les échelles spatio-temporelles et le rôle de l'Homme. R. Nedjai (2010) a ainsi distingué, par le calcul des rapports 206Pb/207Pb, l'origine naturelle et régionale des flux de plomb au début du XIX^e siècle, puis l'augmentation des années 1970, à cause des émissions d'origine anthropique, en concordance avec les résultats de la bibliographie internationale (Shotyk *et al.*, 1998, Bindler *et al.*, 2001, Tylmann, 2005). Mais notre courant de recherche apporte aussi sa spécificité. Au lieu de considérer la répartition spatiale comme un phénomène secondaire ou montrant seulement une dispersion géographique, il lie les échelles temporelles à des gradients géographiques, par exemple, dans le Jura, celui qui fait croître les apports de métaux lourds avec la succession des lacs du sud-ouest vers le nord-est et l'augmentation de l'altitude.

La prise en compte du temps dans l'étude des masses d'eau a permis à la géographie limnologique d'apporter aux typologies classiques (Hutchinson & Löffler, 1956, Paschalski, 1964, Lewis, 1983) la notion d'irrégularité interannuelle des mélanges de la colonne d'eau, en théorisant une classification plus complète de la micticité, c'est-à-dire des rythmes de brassage des plans d'eau (Touchart, 2002).

Répondant à la structuration spatiale à l'intérieur du plan d'eau, la prise en compte du temps permet

de mieux séparer le fonctionnement du lac, plan d'eau profond, et de l'étang, plan d'eau pelliculaire connaissant pourtant un étagement des phénomènes, mais à d'autres pas de temps que le lac, d'où l'enrichissement du vocabulaire limnologique par la géographie, notamment en créant le néologisme de métastagnion (Touchart, 2002 & 2007), couche de saut thermique (Richter, 1891) d'un étang, de durée plus longue qu'une thermocline éphémère superficielle (Horne & Goldman, 1994) mais plus courte que le métalimnion saisonnier d'un lac (Hutchinson, 1957).

B. L'irruption des sociétés humaines, présentes et passées, en limnologie

La géographie limnologique, en fédérant des données économiques, juridiques, historiques, sociologiques, morphologiques, physico-chimiques, climatologiques, place la gestion des plans d'eau en but de ses études. Cela réclame une connaissance de la société, des acteurs et même de la culture. La géographie culturelle des lacs (Vernex, 1999) est sans doute le champ de recherche le plus enrichissant, car le plus éloigné, de la science dure qu'est habituellement la limnologie.

Cela nécessite aussi un intérêt pour les liens entretenus dans le passé entre les sociétés humaines et les plans d'eau, dans une démarche paléo-environnementale élargie, où le patrimoine prend toute sa valeur (Nedjai, 2010).

IV. L'APPORT DE LA NOUVELLE GÉOGRAPHIE LIMNOLOGIQUE À LA GÉOGRAPHIE

A. Un nouvel objet géographique : le plan d'eau, du lac à l'étang

La géographie limnologique offre au champ de la géographie un nouvel objet, le plan d'eau, considéré comme toute masse d'eau stagnante, quelles que soient ses dimensions et son origine. Les géographes allemands avaient apporté le lac naturel, qui reste très majoritaire dans les études mondiales, par exemple canadiennes ou scandinaves. Les géographes soviétiques avaient suggéré de se pencher sur le lac de barrage artificiel (« programme de l'hydrologie géographique » de V.G. Gluškov, 1933, cité par Bogučarskov, 2004), puis en avaient fait un objet de recherche majeur

(Avakjan *et al.*, 1987). Le courant de recherche de la géographie limnologique française, sans négliger les objets précédents (Touchart, 1992 & 2012, Ishiguro, 2004, Maleval, 2006, Papon, 2007, Nedjai, 2010, Mathelin, 2013), a ajouté l'étang, au sens de plan d'eau de taille intermédiaire entre le lac et la mare et aux rythmes de brassage dominés par l'irrégularité interdiurne.

Cette mise en avant de l'étang avait déjà été suggérée dans deux thèses d'État de la première moitié du XX^e siècle, sur le Berry (Vacher, 1908) et le Limousin (Perpillou, 1940). Puis O. Balabanian et G. Bouet (1989) avaient appréhendé les étangs et les pêcheries sous un angle géographique, rappelant le rôle économique de ces retenues au sein des campagnes. Par la suite, les travaux de P. Bartout (2006, 2012) en Limousin ont permis de générer des typologies et des régionalisations grâce à la création d'un référentiel régional des plans d'eau. Appliqués à l'échelle de la France grâce à la mise au point d'un inventaire géoréférencé (Bartout & Touchart, 2013), ces travaux ont fait apparaître l'étendue de la place prise par les plans d'eau en France (plus de 550 000 unités de plus d'un are pour 450 000 ha en eau) et leur méconnaissance (seuls 34 000 sont officiellement identifiés au plan national et 456 gérés comme tels par les programmes des Agences de l'Eau), sources de multiples incohérences de gestion. Cette géographie statistique et fonctionnelle des plans d'eau s'accompagne d'une réflexion historique donnant naissance à des travaux de géographie lexicographique, réfléchissant au sens même de certains termes couramment utilisés en géographie, comme « étang », et leur évolution au cours de l'histoire, puisque les objets définis il y a quelques siècles ne correspondent plus aux délimitations actuelles (Bartout, 2006, Bartout & Bernard, 2007, Bernard, 2008, Bartout, 2011), en lien avec les travaux du Groupe d'Histoire des Zones Humides cofondé par le spécialiste français de la géographie des mares, B. Sajaloli (Tessier-Esminger & Sajaloli, 1997).

Mettant en valeur les têtes de bassin (Lhéritier, 2012), la géographie limnologique française accompagne ainsi, et provoque même en partie, la remontée des recherches depuis le lac et le fleuve vers l'étang, la retenue collinaire et le ruisseau.

B. Le renouvellement de plusieurs concepts géographiques

La géographie limnologique française contribue

aussi au renouvellement de certains concepts de la géographie. Au système fluvial (Chorley, 1962) et à l'hydrosystème, diffusé en France par C. Amoros et G. Petts (1993) et l'école de géographie de J.-P. Bravard, s'était ajouté le limnosystème (Giannini, 1986, Jaquet, 1989), que les biologistes avaient créé à la suite de l'écosystème lacustre (Likens, 1985) pour signifier le lien réciproque entre le lac et son bassin versant. La géographie limnologique, en s'emparant de la définition du lac et de l'étang, a montré les interrelations entre l'amont et l'aval et les interfaces, et, surtout, a intégré les changements d'échelle dans le fonctionnement des écosystèmes lacustres (Rougerie, 1993). La taille minimale de l'espace capable d'influencer la structuration des masses d'eau à l'intérieur de chaque plan d'eau et, réciproquement, la taille maximale de l'espace influencé par le plan d'eau (distance d'influence dans l'émissaire, mésoclimat ou microclimat lacustre, remontée de certains organismes vivants dans les tributaires, etc.) ne sont pas à la même échelle. C'est pour conceptualiser et différencier ces relations systémiques en fonction des types de plan d'eau que L. Touchart (2007) a qualifié le lac de limnosystème de bassin, l'étang de limnosystème de versant, la mare de limnosystème dépendant.

La géographie limnologique allemande avait la première adapté au lac la notion d'étagement (Wilhelm, 1960) utilisée classiquement pour la montagne. Le nouveau courant de recherche français a ajouté la notion de zonation des phénomènes dans le plan d'eau horizontal et, surtout, a intégré les trois dimensions dans la notion de cubement (Touchart, 2007), ou régionalisation limnique (Touchart, 2000). Outre la détermination de masses d'eau distinctes à l'intérieur d'un lac en fonction de certains critères, la démarche, aidée des outils géomatiques, permet de quantifier au plus près les volumes d'eau ou encore les calories.

La géographie limnologique enrichit depuis une décennie la notion récente de territoire de l'eau (Bravard & Pourtier, 2003). Au plus près du terrain et de ses acteurs, elle étudie les relations entre eux et agit même directement, en apportant des réponses adaptées aux contraintes réglementaires croissantes pour les étangs, issues de la Directive-cadre Européenne sur l'Eau ou la Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques. Elle se place ainsi résolument dans le lien entre les acteurs de l'eau et les territoires définis par R. Laganier et P.-G. Salvador (2001). La géographie limnologique

tente d'éclairer le débat scientifique dans un cadre de vives polémiques entre les propriétaires et gestionnaires d'étangs, et parfois de lacs de barrage, les services de l'État, les fédérations de pêche, les associations écologistes, sur l'ensemble des sujets de dissensions (Touchart & Graffouillère, 2004) et, plus précisément, ledit trop grand nombre d'étangs (Bartout, 2006), le colmatage sédimentaire et le problème des vidanges (Maleval, 2002, Carlini, 2006), le réchauffement des eaux (Savy, 2006), les pratiques agricoles dans les régions d'étangs (Angélie-Descamps *et al.*, 2007) ou encore les difficultés à classer les étangs en réserves naturelles pour eux-mêmes et non pour des raisons floristiques (Brunaud, 2007).

Ainsi appréhendée, la géographie limnologique concentre son approche sur trois types de territoires : le plan d'eau lui-même, structuré en masses d'eau distinctes agissant dans une dépression fermée, conduisant à des propositions d'aménagement (activités générées, impacts de celles-ci, renforcement des berges, etc.) ; le bassin fluvial, étudié depuis les sources des tributaires jusqu'à la distance maximale d'effet du plan d'eau sur l'émissaire, en particulier concernant l'influence thermique et sédimentaire, en lien avec les aménagements techniques (systèmes de vidange, vannes, moines, dérivations sur les étangs et lacs de barrage, quais, ports sur les lacs naturels) ; le bassin de vie, par la compréhension des relations entre activités, modes de vie, rapidité des communications, révélatrices de changements plus ou moins accélérés des plans d'eau (Ardillier-Carras, 1997), que ce soit dans leur valorisation, leur forme, leur localisation ou bien même leur présence. Ces travaux ont donné lieu à la création d'indices territoriaux comme l'I.R.A (Indice de Renouvellement Annuel) en 2006 (Bartout) ou encore l'I.E.C (Indice d'Egale Concentration) et l'I.E.S (Indice d'Egale Superficie) en 2013 (Bartout & Touchart, 2014 - sous presse).

La géographie limnologique procède ainsi de la gestion et de la politique de l'eau des lacs et des étangs sur un territoire donné, dans une optique théorisée de façon plus générale sur les territoires de l'eau (Ghiotti, 2007, Hellier *et al.*, 2009).

V. CONCLUSION

La géographie limnologique française, certes de taille modeste, forme un courant géographique commun et uni, plaçant le lac, l'étang, le

limnosystème, l'aménagement des territoires d'eaux stagnantes, la structuration physique des échelles spatio-temporelles à l'extérieur et à l'intérieur du plan d'eau, la gestion des barrages artificiels et des étangs piscicoles par les sociétés, au centre de leurs recherches scientifiques. Comme tout courant de recherche, elle tente de s'appuyer sur une réflexion épistémologique et une mise en perspective de ses expérimentations et mesures inédites de terrain, se distinguant de la géographie fluviale, ainsi que de la limnologie en sciences exactes, dont les buts, l'étude critique et la portée ont été théorisés par W. Rhode (1972) et P.A. Jumars (1990).

À la différence des autres géographes étudiant un lac ou un étang parmi de multiples riches préoccupations, les géographes limnologues français pensent le plan d'eau comme le but, et non un moyen, de leur recherche scientifique, comme l'objectif de leurs mesures de terrain, et non comme un indicateur utilisé pour mieux comprendre un autre terrain. Leur provocation épistémologique consiste à considérer le plan d'eau comme un possible moteur du réseau hydrographique et de l'économie régionale et non comme un systématique accident perturbateur.

En tant que réalité objective, l'eau contenue dans les lacs naturels du monde représenterait 230 000 km³ selon R. Nace (1969), contre 1 200 km³, soit près de 200 fois moins, dans l'ensemble des cours d'eau de la planète (Wetzel, 2001). Le réseau hydrographique de grandes régions anciennement englacées est une succession de lacs naturels, les cours d'eau, hésitant entre les contrepentes, ayant le plus grand mal à les drainer. Ainsi, dans les plaines de la basse Yana et de l'Indighirka, la limnité dépasse 50 % (Rakovskaja & Davydova, 2003). En outre, maints grands fleuves humanisés ont été transformés en chaînes de barrages artificiels, où les caractères fluviaux n'ont pas le temps de se rétablir avant l'entrée dans le lac suivant.

En tant que choix subjectif, la démarche des géographes limnologues français consiste à carotter un plan d'eau pour estimer son comblement et sa durée de vie plus que pour déduire la dégradation spécifique des versants ou reconstituer les paléo-environnements régionaux, à mesurer sa stratification thermique pour comprendre ses rythmes et sa profondeur d'oxygénation plus que pour évaluer la potentialité d'autoépuration de son émissaire, à faire des propositions d'aménagement de ses plages lacustres touristiques, de son

patrimoine de bondes et de pêcheries d'étang pour sa valorisation économique propre plus que pour diminuer ses impacts sur le système fluvial situé en aval.

Le cœur de la pensée des géographes limnologues réside dans leur prédilection à étudier le lac ou l'étang en tant que système propre, en insistant sur son autonomie, « le complexe aquatique propre » de V.K. Lesenko (1989), tandis que les autres géographes privilégient l'étude des plans d'eau dans leur intégration à la chaîne hydrographique, le plus souvent, d'ailleurs, dans un sens de rupture de celle-ci. Géographes limnologues et autres géographes savent bien entendu qu'un lac tient des deux à la fois, mais l'entrée dans la recherche est différente. Les conséquences n'en sont pas seulement théoriques, l'emboîtement des échelles est différent et la prise en compte des processus à l'intérieur du plan d'eau n'est pas la même. C'est pourquoi J. Loup (1974) présente l'étang comme un « lac tronqué », réduit à son seul épilimnion ou son seul littoral, tandis que L. Touchart (2007) montre que l'étang a un fonctionnement propre, car, à profondeur égale, une stratification se développe d'autant mieux que le plan d'eau a une petite superficie, opposant le processus de convection mécanique dominant en lac et celui de convection libre prépondérant en étang. Pour le géographe limnologue, en deçà de certains seuils de dimensions (environ 6 à 7 m, 100 ha, 1 million de mètres cubes), les limnosystèmes propres du lac et de l'étang se différencient fondamentalement. Tout en cultivant sa spécificité, la géographie limnologique française est ouverte en direction d'autres courants de géographie ayant un objet, par exemple la mare, et une démarche, par exemple géohistorique, proches mais différents. Elle s'associe également avec les limnologues non géographes aux méthodes de sciences exactes, pour un certain nombre de réalisations communes.

BIBLIOGRAPHIE

- Akbulut, N.E. (2004). Limnology in Turkey. In Gopal, B. & Wetzel, R.W. (Ed.), *Limnology in Developing Countries*. New Delhi: International Association of Theoretical and Applied Limnology, 244 p., 171-218.
- Amoros, C. & Petts, G.E. (1993). *Hydrosystèmes fluviaux*. Paris : Masson, 300 p.
- Angélieux-Descamps, A., Lemouzy, C. & Hurtes, S. (2007). Les vieux étangs d'Armagnac d'hier à aujourd'hui : un avenir lié aux activités agricoles. *Aestuaria*, 457-474.
- Ardillier-Carras, F. (1997). *L'eau ressource pour le développement d'un espace rural, l'exemple du bassin de la Gartempe*. Limoges : PULIM, 592 p.
- Arnaud, F., Magand, O., Chapron, E., Boes, X., Bertrand, S. & Mélières, M.-A. (2006). Radionuclide dating (210Pb, 137Cs, 241Am) of recent lake sediments in a highly active and geodynamic setting (lakes Puyehue and Icalma – Chilean lake district). *The Science of the total Environment*, 366, 837-850.
- Avakjan, A.B., Saltankin, V.P. & Šarapov, V.A. (1987). *Vodohranilišča*. Moskva : Mysl', 325 p.
- Balabanian, O. & Bouet, G. (1989). *L'eau et la maîtrise de l'eau en Limousin*. Les Monédières : Treignac, 296 p.
- Banas, D. (2011). *Dynamique des éléments particuliers et dissous en milieux aquatiques lenticules peu profonds*. HDR en biologie, Nancy, Institut National Polytechnique de Lorraine, 106 p.
- Bartout, P. (2006). *Pour un référentiel des zones humides intérieures de milieu tempéré : l'exemple des étangs en Limousin (France) – Typologies, Régionalisation*. Thèse de doctorat en géographie, Université de Limoges, 452 p.
- Bartout, P. (2011). L'apport du cadastre napoléonien aux problématiques spatiales des retenues d'eau. *Revue géographique de l'Est*, 15 p.
- Bartout, P. (2012). *Les étangs du Limousin : des zones humides face au développement durable*. Brive-la-Gaillarde : Éditions Les Monédières, 250 p. + annexes.
- Bartout, P. & Bernard, C. (2007). Peut-on concevoir la définition de l'étang comme un outil de gestion ? In Touchart, L. (dir.). *Géographie de l'étang : des théories globales aux pratiques locales*, Paris : L'Harmattan, 228 p., 87-100.
- Bartout, P. & 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.
- Bartout, P. & Touchart, L. (2014-sous presse). La notion de limnicité est-elle suffisante pour caractériser l'empreinte spatiale et sociétale des plans d'eau ? *Revue Géographique de l'Est*, 17 p.
- Bernard, C. (2008). *L'étang, l'homme et l'oiseau. Incidences des modes de gestion des étangs*

- piscicoles sur les ceintures de végétation et l'avifaune nicheuse en Sologne, Brenne, Bresse, Territoire de Belfort et Champagne humide*. Thèse de doctorat en géographie, ENS Lyon, 631 p.
- Bindler, R., Anderson, N.J., Renberg, I. & Malmquist, C. (2001). Paleolimnological investigation of atmospheric pollution in the Sondre Stromfjord region, southern West Greenland: accumulation rates and spatial patterns. *Geology of Greenland survey Bulletin*, 189, 48-53.
- Bogučarskov, V.T. (2004). *Istorija geografii*. Moskva: MarT, 448 p.
- Bravard, J.-P. & Pourtier, R. (2003). Les territoires de l'eau. Introduction. *Bulletin de l'Association de Géographes Français, Géographies*, 80(3), 239-241.
- Broc, N. (2010). *Une histoire de la géographie physique en France*. Presses Universitaires de Perpignan, 2 tomes, 709 p.
- Brunaud, D. (2007). *Étangs pelliculaires et réserves naturelles : principes de fonctionnement et modalités de classement*. Thèse de doctorat en géographie. Université de Limoges, 582 p.
- Burgis, M. & Morris, P. (1987). *The natural history of lakes*. Cambridge University Press, 218 p.
- Carlini, M. (2006). *Morphologie et hydrodynamique des plans d'eau : le cas des étangs-lacs en Limousin*. Thèse de doctorat en géographie. Université de Limoges, 357 p.
- Chorley, R.J. (1962). Geomorphology and general systems theory. *US Geological Survey*, 500B, 1-10.
- Cole, G.A. (1983). *Textbook of Limnology*. Illinois: Waveland, 3rd ed., 401 p.
- Cosandey, C. & Robinson, M. (2000). (2^e éd. 2012). *Hydrologie continentale*. Paris : A. Colin, 360 p.
- Delebecque, A. (1892-1896). *Atlas des lacs français*. Paris : Ministère des Travaux publics, 11 planches.
- Delebecque, A. (1898). *Les lacs français*. Paris : Chamerot & Renouard, 436 p.
- Domanickij, A.P., Dubrovina, R.G. & Isaeva, L.I. (1971). *Reki i ozëra Soveckogo Sojuza*. Leningrad : Gidrometeorologičeskoe izdanie, 103 p.
- Downing, J.A. (2009). Global Limnology: up-scaling aquatic services and processes to planet Earth. *Verhandlungen der internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie*, 30(8), 1149-1166.
- Downing, J.A. & Duarte, C.M. (2009). Abundance and size distribution of lakes, ponds and impoundments. In Likens, G.F. (Ed), *Encyclopedia of inland waters*. Amsterdam: Elsevier, vol. I, 789 p., vol. II, 859 p., vol. III, 840 p., 469-478.
- Dussart, B. (1966) (2^e éd. 1992). *Limnologie, l'étude des eaux continentales*. Paris : Gauthier-Villars, 678 p., 681 p.
- Edouard, L. & Vivian, H. (1984). Une hydrologie naturelle dans les Alpes du Nord ? *Revue de Géographie Alpine*, 72 (2-3), 165-188.
- Elster, H.-J. (1974). History of Limnology. *Verhandlungen internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie*. Stuttgart : Jubilee Symposium 50 years of limnological research, 20, 7-30.
- Forel, F.-A. (1892). *Le Léman, monographie limnologique*. Lausanne : F. Rouge, Tome I, 543 p.
- Forel, F.-A. (1901). *Handbuch der Seenkunde, allgemeine Limnologie*. Stuttgart : J. Engelhorn, 249 p.
- Gâstescu, P. (1969). *Lacurile pe globu*. București : Ed. Științică, 325 p.
- Ghiotti S. (2007). *Les territoires de l'eau, gestion et développement en France*. Paris : Éd. CNRS, 247 p.
- Giannini, J.A. (1986). A description of large-scale variability in the ocean using the diffuse attenuation coefficient. In *Today's solution for tomorrow's information needs*. Nordwijk: European Space Agency Publications, Proceedings of the International Geoscience and Remote Sensing Symposium, 86(3), 1313-1318.
- Golterman, H.L. (1975). *Physiological Limnology*. Amsterdam: Elsevier, 363 p.
- Guilcher, A. (1979). *Précis d'hydrologie marine et continentale*. Paris : Masson, 344 p.
- Halbfass, W. (1901). *Beiträge sur Kenntnis der Pommerschen Seen*. Gotha : J. Perthes, 132 p.
- Halbfass, W. (1923). *Grundzüge einer vergleichenden Seenkunde*. Berlin : Bornträger, 354 p.
- Halbfass, W. (1933). Seen. In Hess H., *Das Eis der Erde*. Berlin : Bornträger, Handbuch der Geophysik, Band 7, 252 p., 122-182.

- Hellier, E., Carré, C., Dupont, N., Laurent, F. & Vaucelle, S. (2009). *La France. La ressource en eau : usages, gestions et enjeux territoriaux*. Paris : A. Colin, Coll. U, 309 p.
- Horne, A.J. & Goldman, C.R. (1994). *Limnology*. New York: McGraw-Hill, 576 p.
- Hutchinson, G.E. (1957). *A Treatise on Limnology*. New York: John Wiley & Sons, Vol. I Geography, Physics and Chemistry, 1015 p.
- Hutchinson, G.E. & Löffler, H. (1956). The thermal classification of lakes. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 42, 84-86.
- Ishiguro, N. (2004). *L'influence du climat et des affluents sur l'oxygénation et la turbidité des lacs : le cas comparé du Léman, des lacs alpins et japonais*. Thèse de doctorat en géographie, Université de Limoges, 383 p.
- Jaquet, J.-M. (1989). Limnologie et télédétection : situation actuelle et développements futurs. *Revue des Sciences de l'Eau*, 2, 457-481.
- Juillard, E. (1951). Géographie et limnologie. *L'Information Géographique*, 15(4), 163.
- Jumars, P.A. (1990). W(h)ither limnology? *Limnology and Oceanography*, 35(5), 1216-1218.
- Koff, T. & Vandiel, E. (2008). Spatial distribution of macrofossil assemblages in surface sediments of two small lakes in Estonia. *Estonian Journal of Ecology*, 57, 5-20.
- Laganier, R. & Salvador, P.-G. (2001). Éditorial. In *Actes du colloque Hydrosystèmes, paysages, territoires*. Lille : Université des Sciences et Technologies de Lille, 68 p. + 1 CD, 1-2.
- Lerman, A. (Ed.) (1978). *Lakes : Chemistry, Geology, Physics*. New York: Springer, 363 p.
- Lesnenko, V.K. (1989). *Mir ozër*. Moskva: Proveščenie, 158 p.
- Lewis, W.M. Jr (1983). A revised classification of lakes based on mixing. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 40, 1779-1787.
- Lhéritier, N. (2012). *Les têtes de bassin : de la cartographie mondiale et française à la caractérisation des ruisseaux limousins*. Thèse de doctorat en géographie, Université de Limoges, 478 p.
- Likens, G.E. (ed.) (1985). *An ecosystem approach to aquatic ecology : Mirror Lake and its environment*. New York: Springer, 516 p.
- Löffler, H. (1957). Die klimatischen Typen des holomoktischen Sees. *Mitteilungen der geographischen Gesellschaft Wien*, 99, 35-44.
- Loup, J. (1971). Influence d'un grand lac sur les températures de l'air de ses littoraux : exemple le lac Léman. In Gualtierotti, R. & Solimene, U., *Lacustrine climatology*. Como : Proceedings, 1019, 270-278.
- Loup, J. (1974). Les lacs. In *Les eaux terrestres, hydrologie continentale*. Paris : Masson, 174 p., 32-42.
- Maleval, V. (2002). *Le lac de Saint-Pardoux et l'évolution géomorphologique des lacs de barrage artificiel*. Thèse de doctorat en géographie, Université de Limoges, 357 p.
- Maleval, V. (2006). L'apport d'un bilan sédimentaire en milieu lacustre. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 50(4), 465-477.
- Margalef, R. (1983). *Limnologia*. Barcelona : Omega, 1010 p.
- Martonne, E. de (1909). *Traité de géographie physique. Climat-hydrographie-relief du sol-biogéographie*. Paris : A. Colin, 910 p.
- Mathelin, E. (2013). *Les lacs insulaires du sud-ouest de l'océan Indien, un enjeu pour la gestion durable de la ressource en eau*. Thèse de doctorat en géographie, Université d'Orléans, 288 p.
- Meybeck, M. (1995a). Les lacs et leur bassin. In Pourriot, R. & Meybek, M. (Dir.), *Limnologie générale*. Paris : Masson, 956 p., 6-59.
- Meybeck, M. (1995b). Global distribution of lakes. In Lerman, A., Imboden, D. & Gat, J. (Ed.), *Physics and chemistry of lakes*. Berlin : Springer, 334, 1-35.
- Millet, L., Arnaud, F., Heiri, O., Magny, M., Verneaux, V. & Desmet, M. (2009). Late Holocene summer temperature reconstruction from chironomid assemblages of Lake Anterne, northern French Alps. *The Holocene*, 19, 317-328.
- Nace, R.L. (1969). World water inventory and control. In Chorley, R.J., *Water, earth and man: a synthesis of hydrology, geomorphology and socio-economic geography*. London: Methuen, 588 p., 31-42.
- Naumann E. (1931). *Limnologische Terminologie*. Berlin : Urban und Schwarzenberg, Coll. Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden, 776 p.

- Nedjai, R. (2010). *Les lacs dans leur bassin versant : de l'évaluation à la gestion environnementale*. HDR en géographie, Université de Grenoble 1, 351 p.
- Nedjai, R., Nguyen-Trung, C. & Messaoud-Nacer, N. (2011). Multi-secular lead (Pb) contamination on a regional scale: comparative analysis of the Grand-maclu and Saint-Point lakes in the Jura area, France. *Journal of Advanced Chemical Engineering*, 1, doi : 10.4303/jace/A110303.
- Nicod, J. (1978). Les eaux et l'aménagement des poljés du karst dinarique. *Méditerranée*, 1-2, 85-103.
- Papon, P. (2007). *Les plans d'eau superficiels : définition, fonctionnement et aménagements. Etude du lac Balaton, du lac de Grand-Lieu et de l'étang de Cieux*. Thèse de doctorat en géographie, Université de Limoges, 311 p.
- Pardé, M. (1925). *Le régime du Rhône, étude hydrologique*. Lyon : Études Rhodaniennes, Tome I, 887 p., Tome II, 440 p.
- Paschalski, J. (1964). Circulation types of lakes. *Polskie Archiwum Hydrobiologii*, 12(3), 383-408.
- Peiry, J.-L. & Marnezy, A. (2000). Les barrages et réservoirs hydroélectriques des Alpes françaises et leurs impacts sur les cours d'eau. In Bravard, J.-P. (coord.). *Les régions françaises face aux extrêmes hydrologiques, gestion des excès et de la pénurie*. Paris : Sedes, 288 p., 190-209.
- Penck, A. (1894). Die Wannenn & Die Wannenn und Seenländer. In *Morphologie der Erdoberfläche*. Stuttgart : J. Engelhorn, zweiter Teil, 696 p., 203-232 & 233-327.
- Perpillou, A. (1940). *Le Limousin, étude de géographie physique régionale*. Chartres : Durand, 257 p.
- Rakovskaja, E.M. & Davydova, M.I. (2003). Vnutrennye vody. In *Fizičeskaja geografija Rossii*. Moskva : Vlados, I, 288 p., 117-147.
- Rawson, D.S. (1942). A comparison of some large alpine lakes in Western Canada. *Ecology*, 23, 143-161.
- Réméniéras, G. (1960). *L'hydrologie de l'ingénieur*. Paris : Eyrolles, 413 p.
- Richter, E. (1891). Die Temperaturverhältnisse der Alpenseen. *Verhandlungen der neunten deutschen Geographentages zu Wien am 1., 2. und 3. April 1891*. Berlin : Dietrich Reimer, 15, 189-197.
- Rjanžin, S.I. (2005). Mnogo li na Zemle ozër ? *Priroda*, 4, 18-25.
- Rhode, W. (1972). Limnologie – Wo und wozu ? *Archiv für Hydrobiologie*, Suppl. 42, 1 : 7-73.
- Rougerie, G. (1993). Des nappes d'eaux stagnantes. In *Biogéographie des milieux aquatiques*. Paris : A. Colin, 252 p. : 143-175.
- Ruttner, F. (1963). *Fundamentals of Limnology*. University of Toronto Press, 3rd ed., 295 p.
- Saussure, H.-B. de (1779). *Voyages dans les Alpes*. Neuchâtel : Samuel Fauche, Tome 1, 540 p.
- Savy, B. (2006). *Hydro-limnologie du haut bassin de la Charente : une approche géographique appliquée aux relations lac de barrage – émissaire. La température de l'eau en aval des lacs de Lavaud et Mas Chaban*. Thèse de doctorat en géographie, Université de Limoges, 383 p.
- Schwoerbel, J. (1987). *Handbook of Limnology*. Chichester: Ellis Horwood, 228 p.
- Shotyk, W., Weiss, D., Appleby, P.G., Cheburkin, A.K., Frei, R., Gloor, M., Kramers, J.D, Reese, S., Van der Knaap, W.O. (1998). History of Atmospheric Lead Deposition since 12370 14C yr BP from a Peat Bog, Jura Mountains. Switzerland. *Science*, 281, 1635-1640.
- Stella, E. (1984). *Fundamenti di Limnologia*. Roma : Ateneo, 300 p.
- Tessier-Esminger, A. & Sajaloli, B. (dir.) (1997). *Radioscopie des mares*. Paris : L'Harmattan, 288 p.
- Thienemann, A. (1925). *Die Binnengewässer Mitteleuropas*. Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 255 p.
- Timms, B.V. (1992). *Lake Geomorphology*. Adelaide: Gleneagles, 180 p.
- Touchart, L. (1992). Limnologie et géographie des lacs en 1992. *Annales de Géographie*, 101(565), 331-335.
- Touchart, L. (2000). Qu'est-ce qu'un lac ? *Bulletin de l'Association de Géographes Français*, 77(4), 313-322.
- Touchart, L. (2002). *Limnologie physique et dynamique, une géographie des lacs et des étangs*. Paris : L'Harmattan, 395 p.
- Touchart, L. (2007). La définition de l'étang en géographie limnologique. In *Géographie de l'étang : des théories globales aux pratiques locales*, Paris : L'Harmattan, 228 p., 87-100.
- Touchart, L. (2012). Baikal, Lake. In Bengtsson, L., Herschy, R.W. & Fairbridge, R.W. (Ed.). *Encyclopedia of lakes and reservoirs*. Dordrecht: Springer, 954 p., 83-91.
- Touchart, L. & Bouny, J. (2008). Phytoplankton

- geographic spatialization in two ponds in Limousin (France). *Applied Geography*, 28, 295-310.
- Touchart, L. & Graffouillère, M. (dir.) (2004). *Les étangs limousins en questions*. Limoges : Éditions de l'Aigle, 188 p.
- Tylmann, W. (2005). Lithological and geochemical record of anthropogenic changes in recent sediments of a small shallow lake (Lake Puty Staw, northern Poland). *Journal of Paleolimnology*, 33, 313-325.
- Vacher, A. (1908). *Le Berry, contribution à l'étude géographique d'une région française*, Paris : Armand Colin, 548 p.
- Vanney, J.-R. (2002a). *Géographie de l'océan global*, Paris : Éd. GB, Coll. Géoscience, 344 p.
- Vanney, J.-R. (2002b). La Mer domine la Terre. In Lucchini, L., Beer-Gabel, J. & Voelckel, M., *Annuaire du droit de la mer*. Paris : A. Pédone, Tome 6, 699 p., 645-668.
- Vernex, J.-C. (1999). L'imaginaire lacustre : la spécificité lémanique dans le cadre des lacs alpins. In Bertola, C., Goumand, C. & Rubin, J.-F. (éd.), *Découvrir le Léman 100 ans après François-Alphonse Forel*. Genève : Slatkine, 922 p., 789-797.
- Ward, R.C. (1967). *Principles of Hydrology*. London: McGraw-Hill, 403 p.
- Welch, P.S. (1952). *Limnology*. New York: McGraw-Hill, 2nd ed., 536 p.
- Wetzel, R.G. (2001). *Limnology, lake and river ecosystems*. San Diego: Academic Press, 3rd ed., 1006 p.
- Wilhelm, F. (1960). Seen als geographisches Forschungsobjekt. *Berichte zur deutschen Landeskunde*, 25(2), 305-321.
- Yoshimura, S. (1937) (2^e éd. 1976). *Koshogaku* : Sanseido Co, 426 p.

Coordonnées des auteurs :

Laurent TOUCHART
Laurent.touchart@univ-orleans.fr

Pascal BARTOUT
Pascal.bartout@univ-orleans.fr

Rachid NEDJAI
Rachid.nedjai@univ-orleans.fr

EA 1210 CEDETE
Université d'Orléans
10, rue de Tours
BP 46 527
F-45065 Orléans Cedex 2

