

Communautés piscicoles introduites des lacs d'altitude : approches scientifiques et influences idéologiques Introduced fish communities of mountain lakes: scientific approaches and ideological influences

Bertrand Loheac, Arnaud Caudron et Jean Guillard

Volume 32, numéro 1, 2019

Reçu le 10 avril 2018, accepté le 6 novembre 2018

URI : <https://id.erudit.org/iderudit/1059879ar>

DOI : <https://doi.org/10.7202/1059879ar>

[Aller au sommaire du numéro](#)

Éditeur(s)

Université du Québec - INRS-Eau, Terre et Environnement (INRS-ETE)

ISSN

1718-8598 (numérique)

[Découvrir la revue](#)

Citer cet article

Loheac, B., Caudron, A. & Guillard, J. (2019). Communautés piscicoles introduites des lacs d'altitude : approches scientifiques et influences idéologiques. *Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science*, 32(1), 39–50. <https://doi.org/10.7202/1059879ar>

Résumé de l'article

Les peuplements piscicoles introduits représentent une empreinte anthropique majeure de l'histoire biologique des lacs d'altitude. Basé sur un état de l'art, notre travail s'interroge sur la façon dont la production scientifique intègre cette composante ichtyologique introduite. L'étude limnologique de ces milieux se révèle profondément influencée par la façon dont le poisson est perçu et les trois courants mis en évidence témoignent d'une empreinte sociologique et idéologique forte dans les connaissances produites. Nous nous interrogeons donc sur la nécessité de repenser la place accordée aux peuplements piscicoles dans l'étude des lacs d'altitude.

COMMUNAUTÉS PISCICOLES INTRODUITES DES LACS D'ALTITUDE : APPROCHES SCIENTIFIQUES ET INFLUENCES IDÉOLOGIQUES

Introduced fish communities of mountain lakes: scientific approaches and ideological influences

BERTRAND LOHEAC¹, ARNAUD CAUDRON², JEAN GUILLARD^{3*}

¹Fédération de Savoie pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique (FDPPMA 73), 73230 Saint-Alban-Leysse, France

²SCIMABIO Interface SAS, 5 rue des Quatre Vents, 74200 Thonon-les-Bains, France

³Université Savoie Mont Blanc, INRA, CARRTEL, 74200 Thonon-les-Bains, France

Reçu le 10 avril 2018, accepté le 6 novembre 2018

RÉSUMÉ

Les peuplements piscicoles introduits représentent une empreinte anthropique majeure de l'histoire biologique des lacs d'altitude. Basé sur un état de l'art, notre travail s'interroge sur la façon dont la production scientifique intègre cette composante ichtyologique introduite. L'étude limnologique de ces milieux se révèle profondément influencée par la façon dont le poisson est perçu et les trois courants mis en évidence témoignent d'une empreinte sociologique et idéologique forte dans les connaissances produites. Nous nous interrogeons donc sur la nécessité de repenser la place accordée aux peuplements piscicoles dans l'étude des lacs d'altitude.

Mots-clés : *environnement, biodiversité, lacs d'altitude, introduction d'espèces, épistémologie.*

ABSTRACT

Fish introductions have left major anthropogenic footprints on the biological history of mountain lakes. Based on a review, this paper focuses on the way limnological research on high altitude lakes integrates non-native fish communities. In the case of mountain lakes, limnological studies are deeply influenced by the way fish are perceived. The three trends highlighted attest to the strong sociological and ideological influence on the production of scientific knowledge and lead us to wonder about the need to revise the place given to fishes in mountain lake studies.

Key words: *environment, biodiversity, mountain lakes, species introduction, epistemology.*

1. INTRODUCTION

La présence de communautés piscicoles dans les lacs d'altitude est majoritairement d'origine anthropique (PISTER, 2001). La généralisation des introductions dès la fin du XIX^e siècle implique que nombre de ces systèmes abritent, ou ont abrité, un peuplement piscicole (BAHLS, 1992; TIBERTI *et al.*, 2013b). La composante ichtyique constitue l'un des forçages anthropiques majeurs des milieux lacustres d'altitude.

L'intérêt initial pour l'étude des lacs d'altitude (FROIDEVAUX, 1894) est contemporain de la grande vague d'introductions de poissons (RIVIER, 1996; SCHINDLER et PARKER, 2002). Les volontés de valorisation piscicole vont se nourrir des connaissances limnologiques émergentes, mais aussi en influencer les objectifs.

L'acclimatation désigne une espèce capable de survivre dans un milieu qui ne l'abritait pas initialement. Elle est naturalisée lorsqu'elle fonde une population pérenne (BEISEL et LÉVÊQUE, 2010; REIMERS *et al.*, 1955; TOETZ *et al.*, 1991), et la naturalisation (DELACOSTE *et al.*, 1997; MACHINO et RIVIER, 2002) de nombreuses espèces introduites dans ces milieux est désormais avérée. Dans la plupart des massifs de l'hémisphère nord, ces pratiques perdurent dans un objectif de valorisation halieutique (NORTHCOTE *et al.*, 1978; DELACOSTE *et al.*, 1997). Or, il est établi que toute introduction modifie l'écosystème receveur à plusieurs niveaux de son organisation (BEISEL et LÉVÊQUE, 2010).

En 1964, la signature du *Wilderness Act* concrétise un tournant majeur dans la conception du rapport de l'homme à son environnement. Il introduit la notion de « naturalité » (CONGRÈS DES ÉTATS-UNIS, 1964; McCLOSKEY, 1965) qui constitue le socle idéologique des politiques conservacionnistes. Depuis, les peuplements piscicoles introduits des lacs d'altitude sont au cœur de controverses portant sur leurs effets et leur légitimité d'existence (HENDEE *et al.*, 1976; MATTHEWS et KNAPP, 1999; KNAPP *et al.*, 2001a).

Dans le cadre des changements globaux, le caractère de « sentinelles » attribué aux lacs d'altitude (SCHINDLER, 2009; CATALAN *et al.*, 2013) en fait de véritables *hot spots* pour le suivi des trajectoires écologiques. Dans ces conditions, la question du statut et des effets des peuplements piscicoles introduits apparaît essentielle. Par ailleurs, l'intégration objective de la composante ichtyique dans l'étude et le suivi de ces milieux conditionne la pertinence des connaissances et analyses que nous en avons.

Basé sur 349 références portant sur les lacs d'altitude néarctiques et paléarctiques occidentaux et d'Afrique du Nord, ce travail s'intéresse à la façon dont les communautés

piscicoles sont prises en compte dans les études limnologiques. Trois courants majeurs se dégagent : les approches centrées sur le potentiel halieutique de ces lacs, les démarches visant à démontrer les impacts négatifs pour le milieu et ses composantes natives et les approches systémiques faisant pourtant abstraction de cette composante. Face aux débats que ces peuplements introduits suscitent au sein des communautés de chercheurs et de gestionnaires, la redéfinition de la place accordée au poisson dans les études des lacs d'altitude est abordée.

2. ÉMERGENCE DE L'APPROCHE LIMNOLOGIQUE APPLIQUÉE AUX LACS D'ALTITUDE

Les premières études de systèmes lacustres remontent au XVIII^e siècle (VIVIER, 1934) et il faut attendre la deuxième moitié du XIX^e et le début du XX^e siècle pour voir l'avènement de la limnologie. Notamment sous l'impulsion des travaux de F.-A. Forel, une activité de recherche se développe (FROIDEVAUX, 1894; ZIMMERMANN, 1898). Les avancées techniques et scientifiques permettent alors une meilleure connaissance des lacs et assurent les fondements de la discipline (ROULÉ, 1914). Des travaux de synthèses majeures marquent ces années (DELEBECQUE, 1898; FOREL, 1892).

Cette vague d'études concerne quelques systèmes d'altitude. Les travaux relèvent de la description géographique et physique (morphométrie, hydrologie, géologie). Les atlas intègrent des descriptions de lacs d'altitude (DELEBECQUE, 1898) et certains auteurs en proposent des classifications géomorphologiques (FAUCHER, 1933; PERETTI, 1935). En 1917, A. Litynski combine les caractéristiques géographiques des lacs de la chaîne des Tatras, sur la frontière entre la Pologne et la Slovaquie, à leur régime thermique pour en établir la typologie (SZAFIARSKI, 1934). Les premières acquisitions de données biologiques ont lieu. FOTT *et al.* (1994) datent les plus anciennes données concernant les communautés zooplanctoniques de ces lacs de la chaîne des Carpates entre 1871 et 1896. Lors de ses investigations pyrénéennes, M. Belloc propose en 1893 une synthèse portant sur la végétation lacustre (FROIDEVAUX 1894).

En France, les lacs d'altitude alpins et pyrénéens font l'objet d'investigations (FROIDEVAUX 1894; ÉMILE CHAIX, 1894; DELEBECQUE, 1906), mais ce sont surtout les lacs des Tatras (SZAFIARSKI, 1934) et tyroliens qui sont le siège d'une grande activité de recherche. Les aspects de géographie et de morphométrie dominent ceux relevant de l'hydrobiologie mais la composante piscicole va vite jouer un rôle déterminant dans l'effort d'investigations mené sur ces lacs.

3. APPROCHE LIMNOLOGIQUE DES LACS D'ALTITUDE CENTRÉE SUR LES QUESTIONS DE PRODUCTION PISCICOLE

La limnologie émerge de façon contemporaine aux politiques d'acclimatation d'espèces en milieux lacustres. Elle est alors « la science de l'eau douce comme l'agronomie est la science du sol arable » et « de même que l'agriculture découle de l'agronomie, la limnologie appliquée recherche, [...], l'utilisation la plus rationnelle des eaux douces. » (VIVIER, 1934). Cette conception est appliquée aux lacs d'altitude. Dès lors la mise en valeur piscicole devient motrice de l'étude limnologique. DUSSART (1952), lorsqu'il traite du lac de Tavaneuse, précise que :

« Presque toutes les eaux naturelles peuvent produire de la matière vivante. Leur faire produire des produits utilisables par l'homme, soit pour son plaisir soit pour son mieux-être, doit être l'idée directrice des services compétents » et de ce point de vue, « les lacs de montagne en France représentent des milliers d'hectares ainsi exploitables ».

SANNIÉ (1953) exhorte quant à lui les « autorités responsables de notre faune piscicole » à « un effort particulier pour empoissonner » les lacs d'altitude. Les « peuplements d'eaux vierges » sont largement préconisés (VIBERT et LAGLER, 1961; RIVIER, 1985). Les travaux menés alors visent généralement à l'évaluation du potentiel piscicole. Les divers compartiments lacustres (physiques, physicochimiques et biologiques natifs) sont explorés au regard des connaissances ichtyologiques disponibles (DUSSART, 1952).

De par leur intérêt halieutique (CROWL *et al.*, 1992), ce sont essentiellement les Salmoninae qui ont été introduits. Afin de s'assurer de la capacité d'implantation des espèces, la simple observation (CHIMITS, 1952, 1960) est croisée avec les données limnologiques et l'étude des traits écologiques des peuplements introduits (NEEDHAM et VESTAL, 1938; CALHOUN, 1944). L'objectif est d'établir des outils opérationnels de gestion et d'exploitation (NEEDHAM et SUMMER, 1941; DONALD et ANDERSON, 1982). L'analyse fonctionnelle des peuplements piscicoles en lien avec les conditions de milieu a depuis produit une riche bibliographie (MARTINOT, 1979; FABRE et SENOCQ, 1981; CAVALLI, 1997).

À la même période, les investigations réalisées dans l'Atlas et dans les montagnes des National Forests aux États-Unis classent les lacs en fonction de leur potentiel halieutique (VIVIER, 1948; REIMERS, 1958). D'autres typologies fonctionnelles piscicoles des lacs d'altitudes ont par la suite été mises en œuvre (ARGILLIER *et al.*, 2002; DEGIORGI *et al.*, 2008). Visant à

proposer un référentiel de peuplements piscicoles « optimaux », DEGIORGI *et al.* (2008) considèrent implicitement ces lacs au travers de leur aptitude à accueillir et permettre ou non le développement du poisson. Si ces modèles semblent a priori séduisants pour le gestionnaire, ils restent principalement liés aux choix d'introductions et il convient de s'interroger sur leur valeur prédictive (ARGILLIER *et al.*, 2002).

Très tôt, le croisement des données concernant les compartiments biologiques natifs et introduits met en évidence des changements significatifs au sein des communautés autochtones (ROBERTSON, 1947; REIMERS, 1958). Lors de ses investigations sur le lac Bunny, REIMERS (1958) conclut à la plus grande sensibilité des petits lacs d'altitude face à la pression de prédation des poissons introduits. Lorsqu'il en propose l'enlèvement, l'auteur ne cherche pas à lever de forçage, mais vise au rétablissement du milieu avant d'y réintroduire une plus faible quantité de poissons pour permettre une pêche de meilleure qualité.

L'approche ichtyologique des lacs d'altitude trouve ainsi ses racines dès l'émergence de l'étude scientifique de ces milieux et a produit une riche bibliographie. La recherche appliquée aux lacs d'altitude vise un objectif de production piscicole. Ce leitmotiv influence l'analyse et l'intégration des observations, données et connaissances produites et marque l'histoire de la limnologie des lacs d'altitude. Ce courant « ichtyologique et halieutique » en constitue l'un des piliers et accompagne intimement les grandes phases d'introductions de poissons ayant marqué ces systèmes (Figure 1).

4. LIMNOLOGIE DES LACS D'ALTITUDE : OUTIL D'UNE ÉCOLOGIE CONSERVATIONNISTE

C'est avec la signature du *Wilderness Act* de 1964 que le concept moderne de « naturalité » est précisé. Il est défini comme « un espace où la Terre et ses communautés vivantes ne sont pas influencées par l'homme, où l'homme lui-même est un visiteur qui ne reste pas » (McCLOSKEY, 1965). La conception conservationniste qui se développe constitue le socle et l'axe de développement des sciences et politiques environnementales pour les décennies suivantes.

Le concept de communautés et d'écosystèmes *pristine* devient un fondement de l'écologie. Les espèces transportées et introduites par l'homme représentent implicitement une composante antinaturelle et perturbatrice. Dès lors naissent d'importantes controverses entre les idéologies portées par les conservationnistes et les héritiers d'une conception

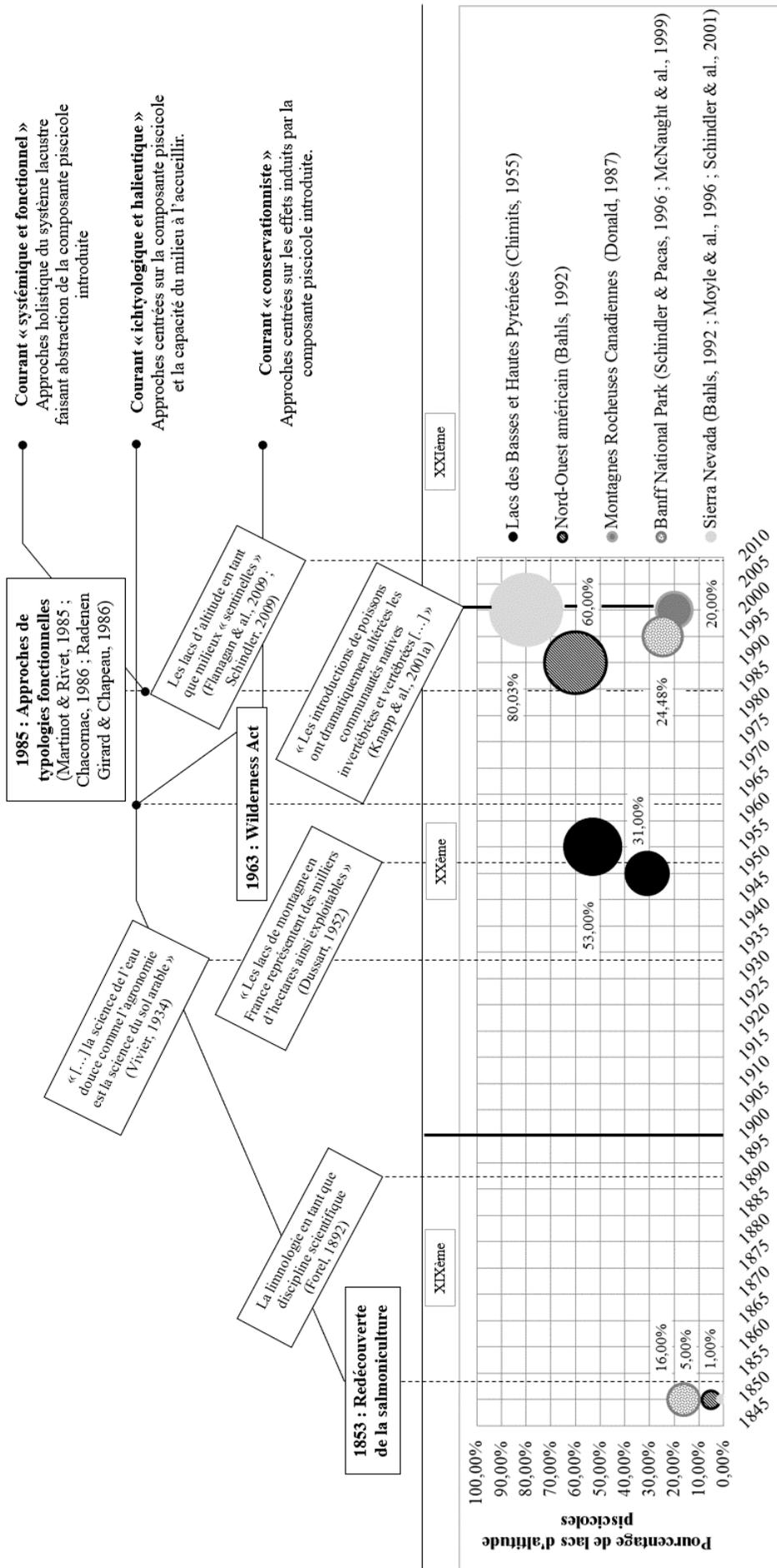


Figure 1. Dichotomie schématique et chronologique des principaux courants d'études limnologiques appliquées aux lacs d'altitude et exemples bibliographiques de l'évolution du pourcentage de lacs piscicoles au sein de massifs montagneux holarctiques.
Schematic and chronologic dichotomy of main trends in limnological studies of mountain lakes. Examples in the literature of the evolution (in %) of fish-stocked lakes in holarctic mountain ranges.

agronomique de la limnologie qui ne fait plus l'unanimité. Ces débats sont particulièrement marqués dans le cas des lacs d'altitude (DUFF, 1995; FRALEY, 1996) qui, sans intervention de l'homme, sont apiscicoles (BAHLS, 1992; DELACOSTE *et al.*, 1997). Ils sont d'autant plus vifs que ces milieux isolés se voient attribués les caractères de fragiles et remarquables, tandis que le niveau élevé de spécialisation de leurs biocénoses natives (RIVIER, 1996) en augmente encore le degré de valeur. L'étude limnologique de ces lacs prend alors une dimension environnementaliste et voit naître une nouvelle conception de ses finalités. Ce tournant est contemporain du développement de la biologie de la conservation (Figure 1).

Les travaux visant à démontrer que « les introductions de poissons ont dramatiquement altéré les communautés natives invertébrées et vertébrées » (KNAPP *et al.*, 2001a) ont produit une bibliographie conséquente (GLIWICZ, 1963; KNAPP, 1996). Les compartiments zooplanctoniques et macroinvertébrés sont les plus étudiés en ce sens (GLIWICZ, 1980; HOFFMAN *et al.*, 1996). Du fait de leur caractère emblématique, c'est l'étude des interactions entre l'herpétofaune et les peuplements piscicoles introduits qui stigmatise le plus le conflit opposant les conservationnistes aux halieutes (BRADFORD, 1989; ORIZAOLA et BRAÑA, 2006).

Ces introductions modifient nécessairement les écosystèmes. Plus ou moins discrets, les changements peuvent intervenir à tous les niveaux fonctionnels, depuis le génome jusqu'à l'échelle écosystémique (CUCHEROUSSET et OLDEN, 2011). Ils s'opèrent sous l'action combinée de phénomènes directs ou indirects via des mécanismes d'hybridation (SØNSTEBØ *et al.*, 2008), de prédation (GLIWICZ, 1985; CAVALLI *et al.*, 2001), de parasitisme et de transfert de pathogènes (KIESECKER *et al.*, 2001), de modification des flux de matière et d'énergie (SCHINDLER *et al.*, 2001) ou des conditions physiques et physicochimiques d'habitat (BRANCELJ, 1999). Les lacs piscicoles sont source de colonisation vers les hydrosystèmes d'altitude (KNAPP et MATTHEWS, 2000). Dans le cas des métapopulations d'Anoures (BRADFORD *et al.*, 1993), les effets concernent également des milieux restés apiscicoles (PILLIOD *et al.*, 2010). Partant du principe que l'ensemble des milieux dulçaquicoles est potentiellement concerné par ces introductions (BAHLS, 1992; CUCHEROUSSET et OLDEN, 2011), certains insistent sur les risques induits de désordres écologiques et de perte de biodiversité à large échelle.

Le caractère empirique des introductions est souvent mis en avant par leurs détracteurs qui évoquent des « pratiques mal évaluées qui imposent de lourds bilans sur les fragiles écosystèmes aquatiques alpins » (TIBERTI *et al.*, 2013b) et « le faible intérêt pour la protection des espèces natives [...] pour le maintien de lacs dans leur état originel, et l'absence de considération pour les effets des déversements de poissons [...] » (BAHLS, 1992). Ainsi, lorsqu'ils dénoncent l'incohérence des pratiques avec les

fondements des aires protégées, KNAPP *et al.* (2001a, 2005) considèrent que l'introduction de Salmonidae en est la plus marquante. Les enjeux de valeurs écologiques sont ici opposés aux enjeux de production et d'usage. De par leur caractère introduit, les peuplements piscicoles sont en contradiction avec les concepts développés depuis 1963. Certains auteurs (DUFF, 1995; CARTER, 1997) considèrent ces introductions comme ayant « perturbé la naturalité qui est une composante intégrale du *wilderness* » (MATTHEWS et KNAPP, 1999).

Le concept du milieu originel évolue vers une volonté de restauration. Le potentiel de résilience des lacs est évalué (PARKER *et al.*, 1996; KNAPP *et al.*, 2001b) et les auteurs spéculent sur l'éradication des populations de poissons et les outils permettant de restaurer les réseaux trophiques d'origine (KNAPP et MATTHEWS, 2000; TIBERTI *et al.* 2013b). Les pêches de destruction (PARKER *et al.*, 2001) sont testées en tant que solution (KNAPP et MATTHEWS, 1998) et « mesures non invasives de conservation » (TIBERTI *et al.*, 2013a). Elles donnent des résultats significatifs (SARNELLE et KNAPP, 2004). Si elles sont peu résistantes aux introductions de poissons, les communautés natives semblent montrer un degré élevé de résilience (KNAPP *et al.*, 2005). Le temps de rétablissement des systèmes est cependant variable, de deux ans (KNAPP *et al.*, 2005) à 20 ans (KNAPP *et al.*, 2001b; DONALD *et al.*, 2001) et certains taxons, tels que *Hesperodiptomus shoshone* (copépode), nécessitent d'être réintroduits (SARNELLE et KNAPP, 2004).

Les effets associés aux introductions de poissons sont indéniables et agissent en profondeur sur les fonctions (réseau trophique, flux de matière et d'énergie) et valeurs (communautés natives et spécialisées) de ces lacs. Empreinte anthropique majeure, les communautés introduites sont ici antinaturelles, leurs effets relevant donc de l'impact. Les objectifs interventionnistes de restauration visent l'état apiscicole pré-introduction considéré comme l'état à conserver. Ces travaux sont largement motivés par l'approche « conservationniste » (Figure 1) enracinée dans les concepts de milieu originel et de *wilderness*.

5. APPROCHE DE LIMNOLOGIE FONCTIONNELLE FAISANT ABSTRACTION DES PEUPEMENTS PISCICOLES INTRODUICTS

Les vastes collections étudiées nécessitent une vision synthétique et au-delà des démarches d'inventaires (ÉDOUARD, 1983; CEMAGREF, 1985), émerge également

le besoin d'outils de classification. Plusieurs travaux traitent de l'approche typologique des lacs d'altitude (CHACORNAC, 1986; RADENEN GIRARD et CHAPEAU, 1986) et développent des modèles spécifiques (MARTINOT et RIVET, 1985; BOGGERO *et al.*, 2006).

Généralement basés sur le croisement de données mésologiques et biologiques, ces outils visent à comprendre les paramètres régissant l'organisation des communautés vivantes et à qualifier la valeur prédictive des données environnementales. Ces modèles proposent une identification fonctionnelle et systémique des lacs d'altitude. Ces classifications intègrent des lacs apiscicoles et d'autres abritant, ou ayant abrités, du poisson. Les variables synthétiques biologiques (communautés natives) et mésologiques (P total) utilisées (Tableau 1) sont donc susceptibles d'être influencées.

Le faible degré de complexité écosystémique caractérisant les lacs d'altitude, combiné à leurs positions géographiques et altitudinales, leur confèrent une valeur d'intégrateur des changements environnementaux à plusieurs niveaux d'échelles emboîtées (VINEBROOKE et LEAVITT, 2005). Ce caractère « sentinelles » (SCHINDLER, 2009) a justifié de nombreux programmes visant à évaluer l'empreinte des changements locaux et globaux.

Les lacs d'altitude sont très sensibles à l'évolution de leurs aires contributives (BOGGERO *et al.*, 1993; KOPÁČEK *et al.*, 2004) ainsi qu'aux flux atmosphériques vecteurs de polluants (MOISEENKO *et al.*, 1997; ROSE et RIPPEY, 2002). Ces forçages influent notamment sur les intrants en carbone organique dissous (SOMMARUGA *et al.*, 1999) et les niveaux d'acidification et de contamination (KOINIG *et al.*, 1998; GRIMALT *et al.*, 2004). Ces phénomènes affectent les communautés aquatiques (VINEBROOKE et LEAVITT, 1999; PORINCHU *et al.*, 2007) ainsi que les cycles biogéochimiques et les phénomènes de régulation des réseaux trophiques (SOMMARUGA *et al.*, 1999; VINEBROOKE et LEAVITT, 1998). Les métriques analysées par ces travaux, notamment les communautés natives subfossiles et en place, sont susceptibles d'être influencées par la présence actuelle ou passée de poissons. Pour autant, et bien que certains en évoquent les effets potentiels (MARCHETTO *et al.* 2004), le rôle tenu par l'ichtyofaune dans les phénomènes et mécanismes observés n'est généralement pas étudié.

L'étude des lacs d'altitude c'est plus récemment intéressée au poisson en tant qu'intégrateur de la contamination des milieux par les éléments traces métalliques, les BPC, les HAP et les molécules d'origines synthétiques (GALLEGO *et al.*, 2007; NELLIER, 2015). En intégrant l'influence des traits écologiques ou de la biomagnification et de la bioconcentration, ces approches placent le poisson au sein de ses interactions avec le milieu et son fonctionnement trophique. Ces démarches

restent cependant ponctuelles et essentiellement développées dans le cadre de l'évaluation des processus de contamination.

Les lacs d'altitude se voient donc attribuer une valeur de « sentinelle » des changements environnementaux et trajectoires induites. Développés dans une volonté d'approche holistique et pluridisciplinaire, ces travaux de typologie ou de caractérisation des forçages et changements en œuvre constituent un troisième courant que nous qualifions de « systémique et fonctionnel » (Figure 1). Si certains papiers le mentionnent en tant qu'élément de forçage récent, la bibliographie fait ici globalement abstraction du poisson. Ses effets sur les proxies étudiées en tant que variables synthétiques sont pourtant établis. Par ailleurs, malgré les possibilités d'analyses diachroniques qu'ils offrent, les outils de paléolimnologie demandent encore à développer et intégrer des indicateurs de présence/absence de poissons.

6. CONCLUSION : LA COMPOSANTE PISCICOLE INTRODUITE DES LACS D'ALTITUDE, À LA FOIS FORÇAGE ET ÉLÉMENT FONCTIONNEL

L'état de l'art montre trois courants majeurs dans la façon dont les peuplements piscicoles introduits sont intégrés à l'étude scientifique des lacs d'altitudes. Ils constituent les piliers de l'étude limnologique de ces systèmes. Ils sont également le reflet direct des changements de perception et de représentation de ces écosystèmes.

Pour les « conservationnistes », les introductions d'espèces sont la cause principale de l'érosion de la biodiversité (SALA *et al.*, 2000). Pour d'autres auteurs, les impacts liés à ces pratiques peuvent être anecdotiques (GUREVITCH et PADILLA, 2004). Le poisson, enjeux de production et d'usage pour les uns, représente pour les autres une empreinte humaine tant dans sa présence que dans ses effets. La légitimité même de ces peuplements est remise en question. Leur potentiel d'acclimatation et de naturalisation est pourtant avéré et des auteurs évoquent les difficultés et risques qu'implique l'éradication de telles populations (CUCHEROUSSET et OLDEN, 2011; VANDER ZANDEN *et al.*, 2006). Les réflexions récentes insistent sur le caractère obsolète du concept de résilience (BEISEL et LÉVÊQUE, 2010; LÉVÊQUE, 2013) implicitement sous-jacent, voire clairement affiché par les programmes de restauration (KNAPP *et al.*, 2001b, 2005). La conception dynamique des écosystèmes intégrant la notion de contingences n'est pas clairement établie. En témoignent les concepts controversés de « bon état » et de « milieu de référence » qui prévalent en matière de politique de l'eau et

Tableau 1. Exemples d'outils de classification des lacs d'altitude et paramètres mésologiques et biologiques offrant des variables synthétiques de l'appartenance typologique.**Table 1. Examples of classification tools of mountain lakes and synthetic mesological and biological parameters of typological affiliation.**

Massif (nombre de lacs ^a)	Paramètres mésologiques	Paramètres biologiques	Auteurs
Alpes du Nord (36 lacs)	Conductivité, température estivale, volume lacustre	Communautés phytoplanctoniques, crustacés zooplanctoniques	MARTINOT et RIVET, 1985
Alpes bernoises et juliennes (89 lacs)	Conductivité, température, pH, altitude	Communautés chironomidiennes littorales	BOGGERO et al., 2006
Tatras (33 lacs)	COD ^b , pH, [Mg ²⁺], phosphore total, altitude, superficie du lac	Exuvies pupales de <i>Chironomidae</i>	BITUŠIČEK et al., 2006
Sud-ouest du Yukon et nord de la Colombie-Britannique (39 lacs)	Température hypolimnique, pH, phosphore total, matière organique sédimentaire, profondeur	Communautés chironomidiennes endobenthiques	WILSON et GAJEWSKI, 2004

^a Nombre de lacs ayant servi à l'établissement du modèle

^b Carbone organique dissous

sont généralement abordés dans le cas des lacs d'altitude. Malgré une approche holistique de ces milieux et de leurs trajectoires, le courant « systémique et fonctionnel » semble d'ailleurs éprouver des difficultés à intégrer la composante piscicole introduite.

Les connaissances sont marquées d'une empreinte sociologique. Selon certains, les études traitantes des espèces introduites et de leurs effets dépassent souvent les aspects de la biologie et de l'écologie pour entrer dans un champ émotionnel, parfois bien plus anthropocentré et idéologique que scientifique (COLAUTTI et MACISAAC, 2004; VERMEIJ, 2005). La démarche selon laquelle « la connaissance doit être envisagée dans une perspective relationnelle prenant en compte les valeurs, les croyances et la perception de la nature par les sociétés » (PAHL-WOSTL, 1995) vaut particulièrement pour les travaux sur les lacs d'altitude. Les oppositions idéologiques et culturelles influencent les études dans leur conception et analyses. Schématiquement, celles-ci sont menées soit dans un objectif de caractérisation de la capacité d'accueil piscicole, soit dans une philosophie de recherche de preuves d'impacts, soit, enfin, dans un but d'approche fonctionnelle, mais faisant généralement abstraction de la composante ichtyique (Figure 1).

Les connaissances produites par le courant « conservationniste » sont incontournables et les peuplements piscicoles des lacs d'altitude représentent indéniablement un forçage moderne et influant. Composante biologique acclimatée ou naturalisée dans nombre de lacs, le poisson modifie les composantes et fonctionnalités lacustres à plusieurs niveaux et interagit en profondeur avec le métabolisme du système et son fonctionnement trophique. Il constitue un élément de forçage devenu élément fonctionnel du milieu.

La conservation et l'utilisation optimisée des fonctions et valeurs associées aux lacs d'altitude passent inévitablement par l'objectivité et le caractère holistique de leur étude limnologique. Pour cela, la place accordée au peuplement piscicole dans l'étude des lacs d'altitude nécessite d'être cadrée au regard de son rôle fonctionnel et de ses implications dans l'état et les trajectoires évolutives observées. Une meilleure compréhension des phénomènes d'acclimatation et de naturalisation de ces espèces ainsi que de leur rôle au sein de la structure trophique des lacs d'altitude permettrait d'y contribuer.

Dans cet objectif, les approches de méta-analyses étudiant de façon ampliative ces deux aspects sur des lacs piscicoles et apiscicoles sont à développer. La compréhension des phénomènes d'acclimatation et de naturalisation passe par celle de l'expression des traits écologiques et génétiques des espèces piscicoles. En complément de l'analyse comparative et fonctionnelle des conditions de milieux et communautés natives, il s'agirait d'appréhender les interactions existantes entre les compartiments trophiques. La caractérisation des flux d'énergies au sein de ces lacs permettrait d'obtenir une représentation réaliste de leur métabolisme, processus et régulation. Afin de replacer ces observations dans les trajectoires évolutives et les divers forçages agissant sur ces milieux « sentinelles », les approches pluridisciplinaires exploitant la complémentarité de la limnologie et de la paléolimnologie sont à privilégier.

Une telle démarche implique cependant d'être menée en toute conscience des filtres idéologiques et conceptuels à l'œuvre. Diversité et variabilité structurent désormais le concept écosystémique (LÉVÊQUE, 2013). Si l'approche dynamique a remplacé l'idée climacique des milieux, les notions de « milieu

de référence » et de « résilience » ciblées par les gestionnaires des lacs d'altitude renvoient pourtant à l'héritage idéologique d'ELTON (1958) et la « désorganisation de la nature » issue des introductions d'espèces ainsi qu'au *wilderness*. La question du statut des communautés piscicoles introduites impose de s'interroger sur l'influence de la conception que nous tenons de nos propres rôles et places au sein des contingences intervenant dans l'état des écosystèmes et de leurs communautés vivantes.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ARGILLIER C., O. PRONIER et P. IRZ (2002). Approche typologique des peuplements piscicoles lacustres français. I. Les communautés des plans d'eau d'altitude supérieure à 1500 m. *B. Fr. Pêche Piscic.*, 365-366, 373-387.
- BAHLS P. (1992). The status of fish populations and management of high mountain lakes in the western United States. *Northwest Sci.*, 66, 3.
- BEISEL J.N. et C. LÉVÊQUE (2010). *Introductions d'espèces dans les milieux aquatiques. Faut-il avoir peur des invasions biologiques ?* Éditions Quae, France, 248 p.
- BITUŠÍK P., M. SVITOK, P. KOLOŠTA et M. HUBKOVÁ, M. (2006). Classification of the Tatra Mountain lakes (Slovakia) using chironomids (Diptera, Chironomidae). *Biologia*, 61, S191-S201.
- BOGGERO A., A. BARBIERI, M. CONEDERA, A. MARCHETTO, R. MOSELLO et G.A. TARTARI (1993). Land cover as a factor influencing the chemistry of mountain lakes in the western Alps. *Int. Ver. Theor. Angew. Limnol.*, 25, 772-775.
- BOGGERO A., L. FÜREDER, V. LENCIONI, T. SIMCIC, B. THALER, U. FERRARESE, A.F. LOTTER et R. ETTINGER (2006). Littoral chironomid communities of alpine lakes in relation to environmental factors. *Hydrobiologia*, 562, 145-165.
- BRADFORD D.F. (1989). Allotopic distribution of native frogs and introduced fishes in high Sierra Nevada lakes of California: implication of the negative effect of fish introductions. *Copeia*, 775-778.
- BRADFORD D.F., F. TABATABAI et D.M. GRABER (1993). Isolation of remaining populations of the native frog, *Rana muscosa*, by introduced fishes in Sequoia and Kings Canyon National Parks, California. *Conserv. Biol.*, 7, 882-888.
- BRANCELJ A. (1999). The extinction of *Arctodiaptomus alpinus* (Copepoda) following the introduction of charr into a small alpine lake Dvojno Jezero (NW Slovenia). *Aquat. Ecol.*, 33, 355-361.
- CALHOUN A.J. (1944). The food of the black-spotted trout (*Salmo clarkii henshawi*) in two Sierra Nevada lakes. *Cal. Fish Game*, 30, 80-85.
- CARTER D. (1997). Maintaining wildlife naturalness in wilderness. *Int. J. Wilderness*, 3, 17-21.
- CATALAN J., S. PLA-RABÉS, A.P. WOLFE, J.P. SMOL, K.M. RÜHLAND, N.J. ANDERSON, J. KOPÁČEK, E. STUHLÍK, R. SCHMIDT, K.A. KOINIG, L. CAMARERO, R.J. FLOWER, O. HEIRI, C. KAMENIK, A. KORHOLA, P.R. LEAVITT, R. PSENNER, I. RENBERG (2013). Global change revealed by palaeolimnological records from remote lakes: a review. *J. Paleolimnol.*, 49, 513-535.
- CAVALLI L. (1997). *Biologie des populations de salmonidés des lacs de haute altitude du Parc National des Écrins : alimentation, croissance, reproduction*. Thèse de doctorat, Univ. Aix-Marseille, France, 211 p.
- CAVALLI L., A. MIQUELIS et R. CHAPPAZ (2001). Combined effects of environmental factors and predator - prey interactions on zooplankton assemblages in five high alpine lakes. *Hydrobiologia*, 455, 127-135.
- CENTRE D'ÉTUDE DU MACHINISME AGRICOLE ET DU GÉNIE RURAL DES EAUX ET FORÊTS (CEMAGREF) (1985). *Les lacs de montagne. Inventaire diagnostique d'un patrimoine naturel*. Rapport CEMAGREF (Lyon, Grenoble), Ministère de l'Environnement (DPN, ACE), France, 198 p.
- CHACORNAC J.M. (1986). *Lacs d'altitude : métabolisme oligotrophe et approche typologique des écosystèmes*. Thèse de doctorat, Univ. Lyon 1, France, 214 p.
- CHIMITS P. (1952). Les lacs de montagne des Hautes et Basses Pyrénées. *Rev. For. Fr.*, 1952, 99-110.
- CHIMITS P. (1960). Inventaire piscicole, en 1960, des lacs de montagne des Basses et Hautes-Pyrénées. *Bull. Fr. Piscic.*, 197, 136-148.
- COLAUTTI R.I. et H.J. MACISAAC (2004). A neutral terminology to define 'invasive' species. *Divers. Distrib.*, 10, 135-141.

- CONGRÈS DES ÉTATS-UNIS (1964). *Wilderness Act. Public Law 88-577*. 88th Congress of the United States, Deuxième session, 3 septembre, États-Unis.
- CROWL T.A., C.R. TOWNSEND et A.R. MCINTOSH (1992). The impact of introduced brown and rainbow trout on native fish: the case of Australasia. *Rev. Fish Biol. Fish.*, 2, 217-241.
- CUCHEROUSSET J. et J.D. OLDEN (2011). Ecological impacts of nonnative freshwater fishes. *Fisheries*, 36, 215-230.
- DEGIORGI F., H. DECOURCIÈRE, G. BOURLET et J.C. RAYMOND (2008). *Synthèse des études de cinq lacs du massif de Belledonne en Isère - Essai de typologie fonctionnelle*. Fondements pour la gestion piscicole. Rapport Téléos et ONEMA pour la Fédération de Pêche de l'Isère, France, 29 p.
- DELACOSTE M., P. BARAN, J.M. LASCAUX, N. ABAD et J.P. BESSON (1997). Bilan des introductions de salmonidés dans les lacs et ruisseaux d'altitude des Hautes-Pyrénées. *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, 344-345, 205-219.
- DELEBECQUE A. (1898). Les lacs français. *Annales de géographie*, 7, 33, 263-265.
- DELEBECQUE A. (1906). Sur les lacs du cirque de Rabuons (Alpes Maritimes). *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences*, séance du 29 octobre, France, 143, 655-656.
- DONALD D.B. et R.S. ANDERSON (1982). Importance of environment and stocking density for growth of rainbow trout in mountain lakes. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 111, 675-680.
- DONALD D.B., R.D. VINEBROOKE, R.S. ANDERSON, J. SYRGIANNIS et M.D. GRAHAM (2001). Recovery of zooplankton assemblages in mountain lakes from the effects of introduced sport fish. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 58, 1822-1830.
- DUFF D.A. (1995). Fish stocking in US federal wilderness areas: challenges and opportunities, *Int. J. Wildlife*, 1, 17-19.
- DUSSART B. (1952). Contribution à l'étude des lacs du Chablais. Le lac de Tavaneuse. *Bull. Fr. Piscic.*, 167, 63-68.
- ÉDOUARD J.L. (1983). Les lacs des Alpes françaises. *Rev. Géogr. Alp.*, 71, 381-397.
- ELTON C.S. (1958). *The ecology of invasions by plants and animals*. Springer, Pays Bas, 181 p.
- ÉMILE CHAIX M. (1894). Le désert de Platé et le lac de Flaine. *Le Globe, Revue genevoise de géographie*, 33, 15-16.
- FABRE H. et B. SENOCQ (1981). *Étude de quelques lacs d'altitude des Pyrénées : biologie et dynamique des populations piscicoles, aménagements*. Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse, France, 338 p.
- FAUCHER D. (1933). Les lacs des Pyrénées françaises et la morphologie glaciaire pyrénéenne. *Rev. Géogr. Pyrénées Sud-Ouest*, 4, 216-229.
- FOREL F.A. (1892). *Le Léman : Monographie limnologique. Tome 1. Géographie, hydrographie, géologie, climatologie, hydrologie*. F. Rouge & Cie, Librairie de l'Université, Lausanne, Suisse, 543 p.
- FOTT J., M. PRAŽÁKOVÁ, E. STUCHLÍK et Z. STUCHLIKOVÁ (1994). Acidification of lakes in Šumava (Bohemia) and in the High Tatra Mountains (Slovakia). *Hydrobiologia*, 274, 37-47.
- FRALEY J. (1996). Cooperation and controversy in wilderness fisheries management. *Fisheries*, 21, 16-21.
- FROIDEVAUX H. (1894). L'étude des lacs en Europe. *Ann. Geogr.*, 4, 113-114.
- GALLEGO E., J.O. GRIMALT, M. BARTRONS, J.F. LOPEZ, L. CAMARERO, J. CATALAN, E. STUCHLIK et R. BATTARBEE (2007). Altitudinal gradients of PBDEs and PCBs in fish from European high mountain lakes. *Environ. Sci. Technol.*, 41, 2196-2202.
- GLIWICZ Z.M. (1963). The influence of stocking of Tatra lakes with fish upon their biocenoses. *Chronmy Przyr. Oczysta*, 5, 27-35.
- GLIWICZ Z.M. (1980). Extinction of planktonic cladoceran species from alpine lakes stocked with fish planktivores. *Paleolimnol. Lake Biwa Jap. Pleistoc.*, 8, 3-22.
- GLIWICZ Z.M. (1985). Predation or food limitation: an ultimate reason for extinction of planktonic cladoceran species. *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.*, 21, 419-430.
- GRIMALT J.O., B.L. VAN DROOGE, A. RIBES, P. FERNANDEZ et P. APPLEBY (2004). Polycyclic aromatic hydrocarbon composition in soils and sediments of high altitude lakes. *Environ. Pollut.*, 131, 13-24.

- GUREVITCH J. et D.K. PADILLA (2004). Are invasive species a major cause of extinctions? *Trends Ecol. Evol.*, 19, 470-474.
- HENDEE J.C., G.H. STANKEY et R.C. LUCAS (1976). Wilderness management. *USDA Forest Service, Misc. Publ.*, 1365, 231-245.
- HOFFMAN R.L., W.J. LISS, G.L. LARSON, E.K. DEIMLING et G.A. LOMNICKY (1996). Distribution of nearshore macroinvertebrates in lakes of the Northern Cascade Mountains, Washington, USA. *Arch. Hydrobiol.*, 136, 363-389.
- KIESECKER J.M., A.R. BLAUSTEIN et C.L. MILLER (2001). Transfer of a pathogen from fish to amphibians. *Conserv. Biol.*, 15, 1064-1070.
- KNAPP R.A. (1996). Non-native trout in natural lakes of the Sierra Nevada: an analysis of their distribution and impacts on native aquatic biota. Dans : *Sierra Nevada ecosystem project. Final report to Congress*. Center for Water and Wildland Resources, Univ. California Davis (CA), États-Unis, pp. 363-390.
- KNAPP R.A. et K.R. MATTHEWS (1998). Eradication of nonnative fish by gill netting from a small mountain lake in California. *Restor. Ecol.*, 6, 207-213.
- KNAPP R.A. et K.R. MATTHEWS (2000). Effects of nonnative fishes on wilderness lake ecosystems in the Sierra Nevada and recommendations for reducing impacts. *Wilderness Science in a Time of Change Conference*. 23-27 mai 1999, Missoula (MT), États-Unis, Proceedings RMRS-P-15, Vol. 5, pp. 312-317.
- KNAPP R.A., P.S. CORN et D.E. SCHINDLER (2001a). The introduction of nonnative fish into wilderness lakes: good intentions, conflicting mandates, and unintended consequences. *Ecosystems*, 4, 275-278.
- KNAPP R.A., K.R. MATTHEWS et O. SARNELLE (2001b). Resistance and resilience of alpine lake fauna to fish introductions. *Ecol. Monogr.*, 71, 401-421.
- KNAPP R.A., C.P. HAWKINS, J. LADAU et J.G. McCLORY (2005). Fauna of Yosemite National Park lakes has low resistance but high resilience to fish introductions. *Ecol. Appl.*, 15, 835-847.
- KOINIG K.A., R. SCHMIDT, S. SOMMARUGA-WÖGRATH, R. TESSADRI et R. PSENNER (1998). Climate change as the primary cause for pH shifts in a high alpine lake. *Water Air Soil Pollut.*, 104, 167-180.
- KOPÁČEK J., J. KAŇA, H. ŠANTRŮČKOVÁ, T. PICEK et E. STUHLÍK (2004). Chemical and biochemical characteristics of alpine soils in the Tatra Mountains and their correlation with lake water quality. *Water Air Soil Pollut.*, 153, 307-328.
- LÉVÊQUE C. (2013). *L'écologie est-elle encore scientifique ?* Éditions Quae, France, 144 p.
- MACHINO Y. et B. RIVIER (2002). Le lac d'Allos (Alpes-de-Haute-Provence). Sanctuaire et laboratoire de l'évolution pour l'omble chevalier du Léman (*Salvelinus alpinus*; Salmonidae). *Cybiurn*, 26, 173-177.
- MARCHETTO A., R. MOSELLO, M. ROGORA, M. MANCA, A. BOGGERO, G. MORABITO, S. MUSAZZI, G.A. TARTARI, A.M. NOCENTINI, A. PUGNETTI, R. BETTINETTI, P. PANZANI, M. ARMIRAGLIO, P. CAMMARANO et A. LAMI (2004). The chemical and biological response of two remote mountain lakes in the Southern Central Alps (Italy) to twenty years of changing physical and chemical climate. *J. Limnol.*, 63, 77-89.
- MARTINOT J.P. (1979). *Écologie et gestion piscicole des lacs de haute altitude du Parc National de la Vanoise*. Thèse de doctorat, Univ. scientifique et médicale de Grenoble, France, 127 p.
- MARTINOT J.P. et A. RIVET (1985). *Typologie écologique des lacs de haute altitude du Parc National de la Vanoise en vue de leur gestion*. Rapport Parc National de la Vanoise - Ministère de l'Environnement, France, 63 p.
- MATTHEWS K.R. et R.A. KNAPP (1999). A study of high mountain lake fish stocking effects in the U.S. Sierra Nevada wilderness. *Int. J. Wilderness*, 5, 24-26.
- McCLOSKEY M. (1965). Wilderness Act of 1964: Its background and meaning. *45 Ore. L. Rev.*, 288, 289-301.
- MOISEENKO T.I., V.A. DAUVALTER et L.Y. KAGAN (1997). Mountain lakes as indicators of air pollution. *Water Resour.*, 24, 556-564.
- NEEDHAM P.R. et F.H. SUMMER (1941). Fish management problems of high western lakes, with returns from marked trout planted in Upper Angora Lake, California. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 71, 249-269.
- NEEDHAM P.R. et E.H. VESTAL (1938). Notes on growth of golden trout (*Salmo aqua-bonita*) in two High Sierra lakes. *Calif. Fish Game*, 24, 273-279.

- NELLIER Y.M. (2015). *Influence des processus biogéochimiques sur la contamination par les PCB des espèces piscicoles des lacs d'altitude*. Thèse de doctorat, Univ. Grenoble Alpes, France, 184 p.
- NORTHCOTE T.G., C.J. WALTERS et J.M.B. HUME (1978). Initial impacts of experimental fish introductions on the macrozooplankton of small oligotrophic lakes. Dans : *SIL Proceedings, 1922-2010*, 20:3, 2003-2012. DOI: 10.1080/03680770.1977.11896808.
- ORIZAOLA G. et F. BRAÑA (2006). Effect of salmonid introduction and other environmental characteristics on amphibian distribution and abundance in mountain lakes of northern Spain. *Anim. Conserv.*, 9, 171-178.
- PAHL-WOSTL C. (1995). *The dynamic nature of ecosystems: chaos and order entwined*. Chichester, Wiley, New York, (NY), États-Unis, 267 p.
- PARKER B.R., F.M. WILHELM et D.W. SCHINDLER (1996). Recovery of *Hesperodiaptomus arcticus* populations from diapausing eggs following elimination by stocked salmonids. *Can. J. Zool.*, 74, 1292-1297.
- PARKER B.R., D.W. SCHINDLER, D.B. DONALD et R.S. ANDERSON (2001). The effects of stocking and removal of a nonnative salmonid on the plankton of an alpine lake. *Ecosystems*, 4, 334-345.
- PERETTI L. (1935). Les lacs de barrage glaciaire et le vidage du lac de Galambra (Massif d'Ambin). *Rev. Géogr. Alp.*, 23, 635-654.
- PILLIOD D.S., B.R. HOSSACK, P.F. BAHLIS, E.L. BULL, P.S. CORN, G. HOKIT, B.A. MAXELL, J.C. MUNGER et A. WYRICK (2010). Non-native salmonids affect amphibian occupancy at multiple spatial scales. *Divers. Distrib.*, 16, 959-974.
- PISTER E.P. (2001). Wilderness fish stocking: history and perspective. *Ecosystems*, 4, 279-286.
- PORINCHU D.F., A.P. POTITO, G.M. MACDONALD et A.M. BLOOM (2007). Subfossil chironomids as indicators of recent climate change in Sierra Nevada, California, lakes. *Arc. Antarct. Alp. Res.*, 39, 286-296.
- RADENEN GIRARD D. et D. CHAPEAU (1986). *Typologie des lacs et mares de haute altitude du parc national des Écrins*. Thèse de doctorat, Univ. Aix-Marseille I, France, 170 p.
- REIMERS N. (1958). Conditions of existence, growth and longevity of brook trout in a small high-altitude lake of the Eastern Sierra Nevada. *Calif. Fish Game*, 44, 319-333.
- REIMERS N., J.A. MACIOLEK et E.P. PISTER (1955). Limnological study of the lakes in Convict Creek basin: Mono County, California. *Fish. Bull. Fish Wildlife Serv.*, 103, 437-503.
- RIVIER B. (1985). *Écologie de quatre lacs d'altitude du Briançonnais. Tome 2 : Peuplement piscicole*. Rapport CEMAGREF, Ministère de l'Environnement (DPN), Aix-en-Provence, France, 40 p.
- RIVIER B. (1996). *Lacs de haute altitude: méthodes d'échantillonnage ichtyologique, gestion piscicole*. Irstea, Collection : Études Cemagref, Aix-en-Provence, France, 134 p.
- ROBERTSON O.H. (1947). An ecological study of two high mountain trout lakes in the Wind River Range, Wyoming. *Ecology*, 28, 87-112.
- ROSE N.L. et B. RIPPEY (2002). The historical record of PAH, PCB, trace metal and fly-ash particle deposition at a remote lake in north-west Scotland. *Environ. Pollut.*, 117, 121-132.
- ROULÉ L. (1914). *Traité de la pisciculture et des pêches*. Baillière et Fils, Paris, France, 734 p.
- SALA O.E., F.S. CHAPIN, J.J. ARMESTO, E. BERLOW, J. BLOOMFIELD, R. DIRZO, E. HUBER-SANWALD, L.F. HUENNEKE, R.B. JACKSON, A. KINZIG, R. LEEMANS, D.M. LODGE, H.A. MOONEY, M. OESTERHELD, N.L. POFF, M.T. SYKES, B.H. WALKER, M. WALKER et D.H. WALL (2000). Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science*, 287, 1770-1774.
- SANNIÉ C. (1953). Les lacs des Pyrénées. *Bull. Fr. Piscic.*, 169, 133-149.
- SARNELLE O. et R.A. KNAPP (2004). Zooplankton recovery after fish removal: limitations of the egg bank. *Limnol. Oceanogr.*, 49, 1382-1392.
- SCHINDLER D.E., R.A. KNAPP et P.R. LEAVITT (2001). Alteration of nutrient cycles and algal production resulting from fish introductions into mountain lakes. *Ecosystems*, 4, 308-321.

- SCHINDLER D.W. (2009). Lakes as sentinels and integrators for the effects of climate change on watersheds, airsheds, and landscapes. *Limnol. Oceanogr.*, 54, 2349.
- SCHINDLER D.W. et B.R. PARKER (2002). Biological pollutants: alien fishes in mountain lakes. *Water Air Soil Pollut.*, 2, 379-397.
- SOMMARUGA R., R. PSENNER, E. SCHAFFERER, K.A. KOINIG et S. SOMMARUGA-WÖGRATH (1999). Dissolved organic carbon concentration and phytoplankton biomass in high-mountain lakes of the Austrian Alps: Potential effect of climatic warming on UV underwater attenuation. *Arct. Antarct. Alp. Res.*, 31, 247-253.
- SØNSTEBØ J.H., R. BORGSTRØM et M. HEUN (2008). Genetic structure in alpine brown trout *Salmo trutta* L. shows that indirect stocking affects native lake populations. *J. Fish Biol.*, 72, 1990-2001.
- SZAFLARSKI J. (1934). Quelques remarques sur les lacs de la Tatra. *Rev. Géogr. Alp.*, 22, 511-516.
- TIBERTI R., E. ACERBI et R. IACOBUZIO (2013a). Preliminary studies on fish capture techniques in Gran Paradiso alpine lakes: towards an eradication plan. *J. Mt. Ecol.*, 9, 61-74.
- TIBERTI R., A. VON HARDENBERG et G. BOGLIANI (2013b). Ecological impact of introduced fish in high altitude lakes: a case of study from the European Alps. *Hydrobiol.*, 724, 1-19.
- TOETZ D., M. MUONEKE et J. WINDELL (1991). Age, growth and condition of brook trout (*Salvelinus fontinalis*) from an unexploited alpine lake. *Northwest Sci.*, 65, 89-92.
- VANDER ZANDEN M.J., J.D. OLDEN et C. GRATTON (2006). Food-web approaches in restoration ecology. Dans : *Foundations of restoration ecology: The science and practice of ecological restoration*. FALK D.A., M. PALMER et J. ZEDLER (éds), Foundations of Restoration Ecology Island Press, Washington (DC), États-Unis, pp. 301-329.
- VERMEIJ G.J. (2005). Invasion as expectation: a historical fact of life. Dans : *Species invasions: Insights into ecology, evolution, and biogeography*. SAX D.F, J.J. STACHOWICZ et S.D. GAINES (éds), Sinauer Associates, Sunderland (MA), États-Unis, pp. 315-339.
- VIBERT R. et K.F. LAGLER (1961). *Pêches continentales, Biologie et aménagement*. Dunod, Paris, France, 720 p.
- VINEBROOKE R.D. et P.R. LEAVITT (1998). Direct and interactive effects of allochthonous dissolved organic matter, inorganic nutrients, and ultraviolet radiation on an alpine littoral food web. *Limnol. Oceanogr.*, 43, 1065-1081.
- VINEBROOKE R.D. et P.R. LEAVITT (1999). Phyto-benthos and phytoplankton as potential indicators of climate change in mountain lakes and ponds: a HPLC-based pigment approach. *J. N. Am. Benthol. Soc.*, 18, 15-33.
- VINEBROOKE R.D. et P.R. LEAVITT (2005). Mountain lakes as indicators of the cumulative impacts of ultraviolet radiation and other environmental stressors. Dans : *Global Change and Mountain Regions*, HUBER U.M., H.K.M. BUGMANN et M.A. REASONER (éds), Advances in Global Change Research, Vol. 23, Springer, Dordrecht, Pays-Bas, pp. 437-447.
- VIVIER P. (1934). Les principes de la limnologie. *Bull. Fr. Piscic.*, 68, 212-223.
- VIVIER P. (1948). Note sur les eaux douces du Maroc et sur leur mise en valeur. *Bull. Fr. Piscic.*, 150, 5-27.
- WILSON S.E. et K. GAJEWSKI (2004). Modern chironomid assemblages and their relationship to physical and chemical variables in southwest Yukon and northern British Columbia lakes. *Arct. Antarct. Alp. Res.*, 36, 446-455.
- ZIMMERMANN M. (1898). Les lacs Français, de A. Delebecque. *Ann. Geogr.*, 7, 263-265.