

Avis n°2025-13 du CSRPN Occitanie en autosaisine relatif à l'introduction de poissons dans les lacs de montagne
--

Vu le code de l'Environnement et notamment, les articles R. 411-22 à 30 ;

Vu l'arrêté préfectoral du 11 avril 2022 portant renouvellement du Conseil Scientifique Régional du Patrimoine Naturel (CSRPN) d'Occitanie ;

Vu le règlement intérieur du CSRPN d'Occitanie ;

Vu la présentation faite lors de la séance plénière du 10 avril 2025 du CSRPN du projet d'avis en autosaisine sur l'introduction de poissons dans les lacs de montagne et les échanges qui s'en sont suivis ;

Vu le vote favorable à l'unanimité lors de la séance plénière du 10 avril 2025 du CSRPN sur l'avis présenté ;

Les espaces montagnards sont caractérisés par leur relief et leurs conditions extrêmes qui constituent un ensemble d'habitats abritant une biodiversité riche et diversifiée ^[1,2]. Ces caractéristiques se traduisent localement par une fragilité fonctionnelle et de fait, par une forte vulnérabilité aux changements ^[3]. Alors qu'ils fournissent de nombreux services écosystémiques (par exemple la régulation de la quantité et de la qualité de l'eau), les espaces montagnards, et plus particulièrement les lacs de haute-montagne, sont confrontés à de nombreux changements qui menacent leur équilibre, et qui peuvent avoir d'importantes conséquences écologiques et socio-économiques ^[4-6]. Le changement climatique est particulièrement marqué en altitude ^[4,7]. En modifiant les températures et les précipitations, il entraîne la disparition des glaciers, la diminution de la couverture neigeuse, et modifie le fonctionnement hydrologique des écosystèmes aquatiques de montagne ^[4,5]. Fragilisés par le réchauffement de la masse d'eau, les écosystèmes aquatiques de montagne sont de moins en moins résilients aux autres pressions anthropiques, telles que le tourisme et le pastoralisme qui peuvent localement entraîner pollutions et destruction des habitats, ou l'introduction d'espèces non-autochtones à ces écosystèmes ^[6]. Les lacs de montagne subissent en outre les effets des activités de plaines (industrialisation, urbanisation) au travers de la pollution

atmosphérique globale qui impacte la qualité de leur eau ^[8-12]. La conjugaison de ces différentes pressions et l'amplification de certaines d'entre elles augmentent le risque de perte des valeurs écologique, patrimoniale et culturelle des lacs de montagne ^[6,13].

Les lacs de moyenne et haute montagne des Pyrénées sont naturellement dépourvus de poissons depuis la dernière glaciation, hormis quelques lacs situés dans des contextes topographiques favorables à une recolonisation naturelle du fait de connexion au réseau hydrographique et de l'absence de barrière géomorphologique ^[14-16]. En raison des activités humaines, le nombre de lacs des Pyrénées ayant fait l'objet d'introduction de poissons a régulièrement augmenté depuis le début du XX^{ème} siècle, notamment à partir de 1960 (Figure 1, d'après ^[17], voir aussi ^[15] pour l'évolution, équivalente, sur le versant espagnol).

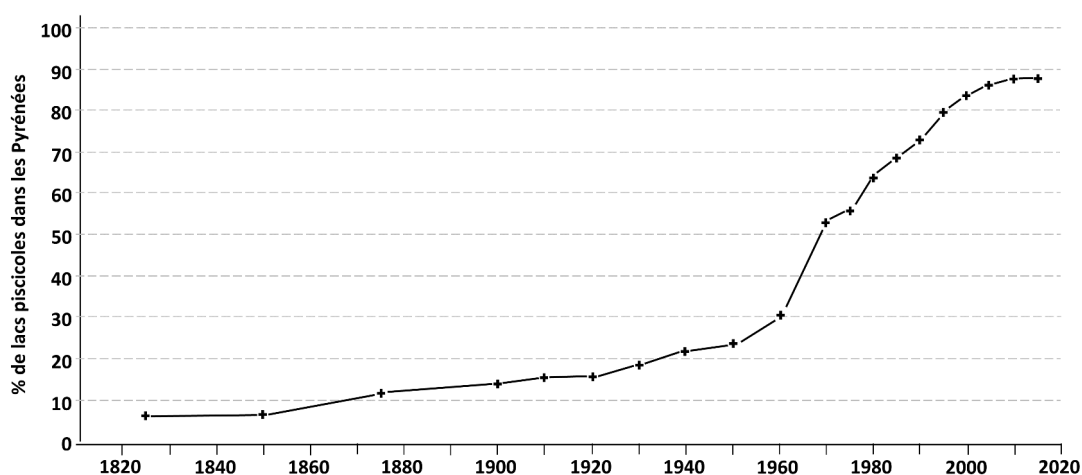


Figure 1. Pourcentage de lacs ayant fait l'objet d'introduction de poissons au cours du temps, dans un échantillon de 660 lacs (≥0,1 ha), sur le versant nord des Pyrénées (d'après ^[17]).

L'introduction de poissons, de la truite commune (*Salmo trutta*) en l'occurrence, est attestée dans de rares lacs de moyenne montagne depuis le Moyen-Age ^[14,18]. Le peuplement de ces plans d'eau avait pour objectif la consommation humaine et le commerce. C'est au XIX^{ème} siècle que les enjeux autour du thermalisme ont entraîné une augmentation de l'alevinage des lacs pour répondre à la demande des touristes (avec autour de 1900, la présence de poissons dans environ 15% des lacs ≥ 0,1 hectare ; Figure 1). Après la deuxième guerre mondiale a été mise en place une véritable politique visant à introduire des salmonidés, concomitamment au développement de l'hélicoptage, y compris pour peupler des lacs encore vierges, ce qui a augmenté la proportion des lacs alevinés ^[14,15,19-23]. La pratique de la pêche de loisir a entraîné l'introduction de nouvelles espèces (Truite arc-en-ciel *Oncorhynchus mykiss* et Omble de fontaine *Salvelinus fontinalis* principalement, voire Cristivomer

Salvelinus namaycush et Omble chevalier *Salvelinus alpinus*). Des introductions de poissons utilisés comme vif par les pêcheurs ont également entraîné la naturalisation de vairons (*Phoxinus spp.*) [23,24] voir aussi [19-20] et, dans une moindre mesure, de goujons (*Gobio spp.*), de rotengles (*Scardinius erythrophthalmus*) et de gardons (*Rutilus rutilus*) qui peuvent régulièrement constituer des populations abondantes [13].

En 2015, sur le versant français des Pyrénées, plus de 86% des lacs d'altitude de plus 0,1 hectare avaient été ou étaient peuplés en salmonidés depuis le début du XIX^{ème} siècle (Figure 1 [17,25]). Aucun inventaire exhaustif simultané récent ne permet de dire la proportion exacte de lacs où les diverses espèces de poissons se sont maintenues, mais toutes les observations convergent vers une part très importante de lacs avec des poissons (Salmonidés et Leuciscidés notamment). Bien que rarement étudiées, les zones humides adjacentes aux lacs (mares, ruisseaux...), peuvent aussi abriter des poissons [26-28].

Les conséquences de la présence de poissons dans ces pièces d'eau naturellement dépourvues de poissons et aux eaux naturellement très pauvres en nutriments (oligotrophes, voire ultra-oligotrophes [4]) sont nombreuses (niveau de confiance : avéré). On peut ainsi observer une altération de la qualité de l'eau du lac par modification des cycles biogéochimiques et des flux de matières (niveau de confiance : avéré [29-36]), notamment par l'apport de matière organique, de phosphore et d'azote qui provoque une eutrophisation [32,35,37], une augmentation de la turbidité (verdissement du lac et développement de cyanobactéries [30,35,38,39], un dépôt de matière organique à la mort des algues [35,37] (niveaux de confiance : avérés) et peut éventuellement remobiliser des polluants piégés dans le sédiment (niveau de confiance : probable [31,32,40]). Dès lors, le statut trophique et le fonctionnement du lac changent et sa biodiversité s'en trouve modifiée, ce qui augmente le risque que le lac perde sa valeur culturelle et patrimoniale, en particulier dans le contexte actuel du changement climatique.

La présence de poissons dans les lacs de montagne a également des conséquences importantes pour la biodiversité (niveau de confiance : avéré). L'introduction de poissons carnivores ajoute artificiellement un prédateur au réseau trophique du lac. Il en résulte des bouleversements écologiques, conduisant à la forte réduction ou à l'extinction locale de certaines espèces indigènes par prédation directe ou par effet de cascade (niveau de confiance : avéré) : macrophytes (ex. isoètes [35]), communautés planctoniques et micro-invertébrés [41-56], macro-invertébrés [22,44,45,53,57-66] (dont les insectes, Odonates, Coléoptères aquatiques...), amphibiens [15,44,67-76], par exemple, Alyte accoucheur [13,22,24,77], Triton palmé [77-80], Grenouille rousse [13,24,77-81] (niveau de confiance pour ces trois espèces : avéré). Parmi les amphibiens touchés par la présence des poissons se trouve le Calotriton des Pyrénées (*Calotriton asper*)

(niveau de confiance : avéré ^[13,22,24,28,80,82,83]), espèce endémique des Pyrénées, à forte valeur patrimoniale et classée « vulnérable » sur la liste rouge des espèces menacées en France en raison de ses tendances de population négatives ^[83,84]. Certains lacs des Pyrénées peuplés de vairons sont également envahis par les algues et ont vu leurs valeurs écologique et patrimoniale sévèrement impactées (niveau de confiance : probable ^[85,86]). Ces lacs envahis par les vairons sont symptomatiques des effets conjugués de la perte des organismes régulateurs des algues et des biofilms (micro-crustacés, têtards) et du réchauffement de la masse d'eau ; ils annoncent les risques encourus par l'ensemble des lacs d'altitude si les dégradations de la biodiversité étaient amenées à persister.

Enfin, les possibles impacts secondaires de la présence de poissons dans les lacs de haute montagne, impacts encore peu explorés sur le plan scientifique, inquiètent (niveau de confiance : soupçonné à probable). Ainsi, la pratique de la pêche peut contribuer à une pollution des fonds lacustres par l'apport de plastiques (fils de pêche, flotteurs, leurres ^[87-89]) et de métaux (plombs de pêche, hameçons, cuillères et leurres ^[88]), tel que montré dans les Pyrénées par des inventaires en plongée (niveau de confiance : probable). Une étude menée en Ariège a montré que l'alevinage introduit du mercure océanique dans les lacs de montagne (niveau de confiance avéré pour la zone étudiée ^[27], son niveau de confiance est hypothétique en dehors de cette zone). L'introduction de poissons dans les lacs de montagne est aussi susceptible de s'accompagner de l'introduction accidentelle de parasites et pathogènes (pollution pathogénique, par exemple par des ranavirus, niveau de confiance : soupçonné ^[90]), voire même d'espèces exotiques envahissantes (comme *Elodea canadensis*, niveau de confiance pour cette espèce exotique envahissante : avéré ^[13], niveau de confiance pour d'autres espèces : soupçonné).

Des exemples montrent néanmoins la réversibilité des impacts sur l'état écologique des lacs ; ces exemples offrent une perspective encourageante quant à la mise en œuvre d'actions de restauration (niveau de confiance : avéré, par exemple ^[49,57,59,63-65,69,73,75,91-98]). Dans les Pyrénées espagnoles, le retrait des poissons dans des lacs « test » ^[99] a entraîné une amélioration de la qualité de l'eau et une amélioration de la biodiversité à diverses échelles (plancton, macro-invertébrés littoraux, amphibiens, musaraigne aquatique), en particulier lorsque la présence de populations sources permettait la recolonisation (niveau de confiance : avéré ^[79,80,85]). Dix ans plus tard, les premiers lacs restaurés continuent à gagner des espèces.

Considérant l'ensemble de ces éléments, le CSRPN souligne que la présence de poissons dans les lacs de montagne naturellement apiscicoles augmente la vulnérabilité d'un écosystème particulier par sa valeur patrimoniale et fonctionnelle, vis-à-vis du changement climatique et des pressions anthropiques locales. La

proportion importante de ces lacs piscicoles fragilise la résilience de la biodiversité à l'échelle du paysage et du massif des Pyrénées. En l'absence de toute action corrective ou de mise en œuvre de mesures adéquates, la situation ne saurait que se détériorer davantage. Le CSRPN prend acte que la présence de poissons dans ces milieux résulte d'une pratique déjà ancienne dont les objectifs et les proportions ont évolué avec le temps et que la présence de poissons aujourd'hui n'est pas nécessairement due à la politique d'alevinage actuelle. Par ailleurs, le CSRPN acte qu'une dynamique de diminution des alevinages a été initiée localement dans les Pyrénées. Les alevinages des lacs au-dessus de 1000 m déclarés actuellement par les fédérations de pêche des principaux départements des Pyrénées (09, 31, 64, 65 et 66) portent uniquement sur les Salmonidés et concernent environ 13% de la totalité des plans d'eau et 30% des lacs de plus de 0,1 ha. Aucun lac au-dessus de 1000 m et inférieur à 0,1 ha ne fait actuellement l'objet d'alevinage. La présence de poissons dans une part importante des lacs serait donc antérieure aux alevinages actuels (populations naturalisées), liée à la pratique de la pêche au vif (cas du vairon notamment), voire éventuellement issue d'alevinages non recensés par les fédérations de pêche. Le CSRPN encourage la poursuite de cette dynamique de réduction des alevinages, tout en reconnaissant qu'il ne peut s'agir ici de l'unique action permettant la restauration des lacs de montagne.

De fait, le CSRPN recommande la mise en place d'un programme déclinant les trois actions suivantes :

1) Une action de diagnostic, de catégorisation et de priorisation des lacs

Menée à la fois à l'échelle des Pyrénées et des bassins versants, cette action devra permettre i) d'identifier les lacs sans poisson afin de maintenir une gestion apiscicole ou, si besoin, de les placer sous protection, ii) identifier les lacs qui ne sont plus alevinés et qui présentent des poissons, iii) identifier les lacs pour lesquels la présence de poissons s'avère être le facteur limitant l'atteinte du bon état de conservation d'une espèce ou d'un habitat protégé, et iv) identifier les lacs les plus fortement impactés par la présence de poissons (par exemple, lacs « à vairons », « lacs verdissants ») où la biodiversité est considérablement appauvrie.

Pour porter ses fruits, cette première action devra s'accompagner d'un inventaire des espèces protégées présentes dans et à proximité directe des lacs, afin de nourrir la deuxième action.

2) Une action de recherche de solutions

Cette action vise à rechercher, au cas par cas et en tenant compte des enjeux écologiques et contextuels (pêche, pastoralisme, tourisme), la ou les solutions offrant les meilleures chances de restauration d'un état écologique satisfaisant. Ces pistes de solutions peuvent être, de façon non exhaustive, un arrêt des alevinages, l'éradication des poissons, ou l'expérimentation de la mise en défens d'une partie de la surface du lac, etc. Il appartiendra aux acteurs de proposer et développer des solutions en se basant sur les expériences déjà acquises, notamment sur le versant espagnol, mais aussi, au besoin, de chercher des solutions innovantes tenant compte du contexte français. Afin de favoriser le succès de la mise en œuvre des solutions et diminuer la probabilité de repoissonnement hors cadre réglementaire, le CSRPN souligne qu'une partie de la solution repose sur la sensibilisation et la communication auprès des pêcheurs et des usagers de la montagne, voire sur l'évolution de la réglementation (par exemple, interdire la pêche au vif sur les lacs dépourvus de vairons). Le CSRPN recommande également des précautions sanitaires pour la faune impactée (amphibiens, etc.), par exemple la recherche de pathogènes dans les piscicultures en amont des alevinages (notamment chytrides et ranavirus).

3) Une action de mise en œuvre des solutions

Le CSRPN encourage les actions de limitation de l'alevinage et de restauration des lacs où elles peuvent être mises en place, y compris en dehors des aires protégées. Sur cette base, le CSRPN recommande un renforcement des moyens pour la communication, la sensibilisation, l'accompagnement des actions, la surveillance et le suivi des lacs. Enfin, le CSRPN recommande que ce plan d'actions soit mis en œuvre de façon coordonnée à l'échelle des Pyrénées (méthodologie identique) et en concertation avec les différentes parties prenantes et acteurs du territoire, et plus particulièrement avec les gestionnaires des espaces naturels, les fédérations départementales et associations de pêche, ainsi que d'autres partenaires comme la DREAL, l'OFB, l'ARB ou le Groupement d'Intérêt Scientifique « Lacs des Pyrénées », afin de tendre vers une conciliation optimale et partagée de la préservation de la biodiversité d'une part et de la pêche récréative d'autre part. Le CSRPN souligne que les gestionnaires des espaces naturels et les fédérations et associations de pêche ont un rôle fondamental à jouer pour la conservation, la protection et la restauration de la biodiversité des pièces d'eau de montagne, en sensibilisant les pêcheurs et les autres usagers de la montagne aux conséquences de l'introduction des poissons.

Le CSRPN insiste enfin sur la nécessité d'avancer concrètement sur ce dossier à commencer par désigner un coordinateur en charge de la concertation des parties prenantes et de préciser les modalités techniques et financières de mise en œuvre du présent avis.

Toulouse, le 06 mai 2024

La présidente du CSRPN Occitanie



Magali Gerino

Références bibliographiques

- 1.Körner C. 2019. Mountain biodiversity, its causes and function: an overview. *Ambio Special Report* 13:11–17.
2. Payne D, Spehn EM, Prescott GW, Geschke J, Snethlage MA, Fischer M. 2020. Mountain biodiversity is central to sustainable development in mountains and beyond. *One Earth* 3:530–533.
- 3.Moser KA, Baron JS, Brahney J, Olesky IA, Saros JE, Hundey EJ, Sadro S, Kopáček J, Sommaruga R, Kainz MJ, Strecker AL, Chandra S, Walters DM, Preston DL, Michelutti N, Lepori F, Spaulding SA, Christianson KR, Melack JM, Smol JP. 2019. Mountain lakes: Eyes on global environmental change. *Global and Planetary Change* 178:77–95.
- 4.OPCC. 2018. Le changement climatique dans les Pyrénées : impacts, vulnérabilités et adaptation. Bases de connaissances pour la future stratégie d'adaptation au changement climatique dans les Pyrénées. <https://opcc-ctp.org/>
- 5.Hock R, Rasul G, Adler C, Cáceres B, Gruber S, Hirabayashi Y, Jackson M, Kääb A, Kang S, Kutuzov S, Milner AI, Molau U, Morin S, Orlove B, Steltzer H. 2019. High Mountain Areas. In: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 131–202. IPBES report 2019.

- 6.Schmeller DS, Urbach D, Bates K, Catalan J, Cogalniceanu D, Fisher MC, Friesen J, Füreder L, Gaube V, Haver M, Jacobsen D, Le Roux G, Yu-Pin L, Loyau A, Machate O, Mayer A, Palomo I, Plutzar C, Sentenac H, Sommaruga R, Tiberti R, Ripple WJ. 2022. Scientists' warning of threats to mountains. *Science of the Total Environment* 853:158611.
- 7.Sentenac H, Schmeller DS, Chardon E, Fisher MC, Loyau A. 2025. Abrupt physico-chemical changes in the limnology of Pyrenean mountain lakes necessitate urgent management actions. *Regional Environmental Change* 25:26.
- 8.Mosello R, Lami A, Marchetto A, Rogora M, Wathne B, Lien L, Catalan J, Camarero L, Ventura M, Psenner R, Koinig K, Thies H, Sommaruga-Wögrath S, Nickus U, Tait D, Thaler B, Barbieri A, Harriman R. 2002. Trends in the water chemistry of high altitude lakes in Europe. *Water, Air, and Soil Pollution: Focus* 2:75–89.
- 9.Battarbee, RW, Patrick S, Kernan M, Psenner R, Thies H, Grimalt J, Rosseland BO, Wathne B, Catalan J, Mosello R, Lami A, Livingstone D, Stuchlik E, Straskrabova V, Raddum G. 2005. High Mountain Lakes and Atmospherically Transported Pollutants. *In: Global Change and Mountain Regions. Advances in Global Change Research*, vol 23, Springer, Dordrecht.
- 10.Machate O, Schmeller DS, Loyau A, Paschke A, Krauss M, Carmona E, Schulze T, Moyer A, Lutz K, Brack W. 2022. Complex chemical cocktail, containing insecticides diazinon and permethrin, drives acute toxicity to crustaceans in mountain lakes. *Science of the Total Environment* 828:154456.
- 11.Reche I, Mladenov N, Pulido-Villena E, Morales-Baquero R. 2022. Atmospheric Inputs and Biogeochemical Consequences in High-Mountain Lakes. *In: The Landscape of the Sierra Nevada*. Springer, Cham.
- 12.Machate O, Schmeller DS, Schulze T, Brack W. 2023. Review: mountain lakes as freshwater resources at risk from chemical pollution. *Environmental Sciences Europe* 35:3.
- 13.Prud'homme F, Blanc F, Gouix N, Osorio V, Rollet S, Ventura M, Jupille O. 2020. Biodiversité des lacs des Pyrénées : améliorer les connaissances pour une gestion conservatoire. *Dynamiques environnementales* 45:35–55.
- 14.Miró A, Ventura M. 2013. Historical use, fishing management and lake characteristics explain the presence of non-native trout in Pyrenean lakes: Implications for conservation. *Biological Conservation* 167:17–24.

- 15.Ventura M, Tiberti R, Buchaca T, Buñay D, Sabás I, Miró A. 2017. Why should we preserve fishless high-mountain lakes? *In: High Mountain Conservation in a Changing World, Advances in Global Change Research*, vol 62, chapter 8, pp. 181–205, Springer International Publishing.
- 16.Loheac B, Caudron A, Guillard J. 2019. Communautés piscicoles introduites des lacs. *Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science* 32(1):39–50.
- 17.Galop D. 2020. Aux origines du peuplement piscicole des lacs d'altitude des Pyrénées. *Magazine truite & cie* 1:20.
- 18.Fagín E, Felip M, Brancelj A, Masqué P, Catalan J. 2025. Parasite sedimentary DNA reveals fish introduction into a European high-mountain lake by the seventh century. *Nature Communications* 16:3081.
- 19.Chimits P. 1952. Les lacs de montagne des hautes et basses Pyrénées – Leur peuplement. *Revue Forestière Française* 2:99–110.
- 20.Chimits P. 1955. Repeuplement des lacs de montagne des hautes et basses Pyrénées. *Bulletin Français de Pisciculture* 177:141–147.
- 21.Chimits P. 1960. Inventaire piscicole, en 1960, des lacs de montagne des Basses et Hautes-Pyrénées. *Bulletin Français de Pisciculture* 197:136–148.
- 22.Delacoste M, Baran P, Lascaux JM, Abad N, Besson JP. 1997. Bilan des introductions de salmonidés dans les lacs et ruisseaux d'altitude des Hautes-Pyrénées. *Bulletin Français Pêche Pisciculture* 344/345:205–219.
- 23.Miró A, Ventura M. 2015. Evidence of exotic trout mediated minnow invasion in Pyrenean high mountain lakes. *Biological Invasions* 17:791–803.
- 24.Miró A, Sabás I, Ventura M. 2018. Large negative effect of non-native trout and minnows on Pyrenean lake amphibians. *Biological Conservation* 218:144–153.
- 25.Galop D, Baudier O, Ventura M. 2024. Histoire de l'introduction du poisson dans les étangs de haute montagne des Pyrénées françaises. Première rencontres internationales biodiversité des lacs des Pyrénées, 13-14 Mai 2024 Loudenvielle, données non publiées.
- 26.Chat J, Manicki A, Gueraud F, Lepais O. 2015. Continuité écologique et conservation de la diversité génétique et écotypique d'un grand migrateur (*Salmo trutta*). *Rapport final INRA*.

- 27.Hansson SV, Sonke J, Galop D, Bareille G, Jean S, Le Roux G. 2017. Transfer of marine mercury to mountain lakes. *Scientific Reports* 7:12719.
- 28.Deluen M. 2022. Conséquences des changements globaux sur les populations de Calotriton des Pyrénées (*Calotriton asper*). *Thèse de l'Université Paul Sabatier-Toulouse III*.
- 29.Carpenter SR, Cottingham KL, Schindler DE. 1992. Biotic feedbacks in lake phosphorus cycles. *Trends in Ecology and Evolution* 7(10):332–336.
- 30.Leavitt PR, Schindler DE, Paul AJ, Hardie AK, Schindler DW. 1994. Fossil pigment records of phytoplankton in trout-stocked alpine lakes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 51(11):2411–2423.
- 31.Schindler DE, Knapp RA, Leavitt PR. 2001. Alteration of nutrient cycles and algal production resulting from fish introductions into mountain lakes. *Ecosystems* 4:308–321.
- 32.Muri G, Cermelj B, Jacimovic R, Skaberne D, Smuc A, Burnik Sturm M, Tursic J, Vreca P. 2013. Consequences of anthropogenic activity for two remote alpine lakes in NW Slovenia as tracked by sediment geochemistry. *Journal of Paleolimnology* 50:457–470.
- 33.Lyons RA, Johnson LK, McIntyre BM. 2016. Phosphorous loading rates in lakes with development and stocked fish in the Sierra Nevada Mountains, California, USA. *Ecosphere* 7(11):e01554.
- 34.Sienkiewicz E, Gasiorowski M. 2016. The effect of fish stocking on mountain lake plankton communities identified using palaeobiological analyses of bottom sediment cores. *Journal of Paleolimnology* 55:129–150.
- 35.Gacia E, Buchaca T, Bernal-Mendoza N, Sabas I, Ballesteros E, Ventura M. 2018. Non-native Minnows Threaten Quillwort Populations in High Mountain Shallow Lakes. *Frontiers in Plant Science* 9:329.
- 36.Sia ME, Doyle RM, Moser KA. 2021. Recent trends in mountain lake primary production: evaluating the response to fish stocking relative to regional environmental stressors. *Lake and Reservoir Management* 37(1):47–62.
- 37.Petit S & Napoleoni R. Réseau Lac Sentinelles. (Asters-CEN74) Un lac peut-il disparaître ? <https://www.lacs-sentinelles.org/fr/pages/lacs-altitude/lac-disparaitre>

38. Attayde JL, Hansson LA. 2001. Fish-mediated nutrient recycling and the trophic cascade in lakes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 58:1924–1931.
39. Reissing M, Trochine C, Queimalinos C, Balseiro E, Modenutti B. 2006. Impact of fish introduction on planktonic food webs in lakes of the Patagonian Plateau. *Biological Conservation* 132:437–447.
40. Eby LA, Roach WJ, Crowder LB, Stanford JA. 2006. Effects of stocking-up freshwater food webs. *Trends in Ecology and Evolution* 21:576–584.
41. Brooks JL, Dodson SI. 1965. Predation, body size, and composition of plankton. *Science* 150:28–35.
42. Gliwicz ZM, Rowan MG. 1984. Survival of *Cyclops abyssorum taticus* (Copepoda, Crustacea) in alpine lakes stocked with planktivorous fish. *Limnology and Oceanography* 29:1290–1299.
43. Schabetsberger R, Jersabek CD, Brozek S. 1995. The impact of alpine newts (*Triturus alpestris*) and minnows (*Phoxinus phoxinus*) on the microcrustacean communities of two high altitude karst lakes. *Alytes* 12:183–189.
44. Bradford DF, Cooper SD, Jenkins TM, Kratz KJr, Sarnelle O, Brown AD. 1998. Influences of natural acidity and introduced fish on faunal assemblages in California alpine lakes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 55:2478–2491.
45. Carlisle DM, Hawkins CP. 1998. Relationships between invertebrate assemblage structure, 2 trout species and habitat structure in Utah mountain lakes. *Journal of the North American Benthological Society* 17(3):286–300.
46. McPeck MA. 1998. The consequences of changing the top predator in a food web: a comparative experimental approach. *Ecological Monographs* 68(1):1–3.
47. Brancelj A. 2000. The extinction of *Arctodiaptomus alpinus* (Copepoda) following the introduction of charr into a small alpine lake Dvojno Jezero (NW Slovenia). *Aquatic Ecology* 33:355–361.
48. Knapp RA, Matthews KR. 2000. Non-native fish introductions and the decline of the Mountain yellow-legged frog from within protected areas. *Conservation Biology* 14:428–438.
49. Sarnelle O, Knapp RA. 2005. Nutrient recycling by fish versus zooplankton grazing as drivers of the trophic cascade in alpine lakes. *Limnology and Oceanography* 50:2032–2042.

50. Finlay JC, Vredenburg VT. 2007. Introduced trout sever trophic connections in watersheds: consequences for a declining amphibian. *Ecology* 88(9):2187–2198.
51. Schabetsberger R, Luger MS, Drozdowski G, Jagsch A. 2009. Only the small survive: monitoring long-term changes in the zooplankton community of an Alpine lake after fish introduction. *Biological Invasions* 11:1335–1345.
52. Magnea U, Sciascia R, Paparella F, Tiberti R, Provenzale A. 2013. A model for high-altitude alpine lake ecosystems and the effect of introduced fish. *Ecological Modelling* 251:211–220.
53. Tiberti R, von Hardenberg A, Bogliani G. 2014. Ecological impact of introduced fish in high altitude lakes: a case of study from the European Alps. *Hydrobiologia* 724:1–19.
54. Buchaca T, Ballesteros E, Chappuis E, Gacia E, Gallés A, Miró A, Osorio V, Pou-Rovira Q, Puig MÀ, Sabás I, Ventura M. 2016. Efectes de la presència de diverses espècies de peixos invasors en els estanys d'alta muntanya. In : La investigació al Parc Nacional d'Aigüestortes i estany de Sant Maurici. X Jornades d'Investigació del Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici, pp. 171-183. Generalitat de Catalunya. Departament de Territori i Sostenibilitat, Espot (Pallars Sobirà), 14-16 Octr 2015.
55. Lejeune L, Cavalli L, Franquet E, Bertrand C, AERMC, Parc National des Ecrins, IMBE. 2024. Evaluation de l'impact du vairon (*Phoxinus phoxinus*) sur les amphibiens et les communautés aquatiques de plans d'eau de haute altitude (lac et mares de Pétarel) (05). *Rapport Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse*.
56. Sabio y García C, Porcel S, Schiaffino MR, Lancelotti J, Marinone MC, Metz S, Roesler I, Izaguirre I. 2024. Differences in bacterial community composition between fish-stocked and fishless lakes from an arid Patagonian plateau. *Hydrobiologia* 851:4709–4726.
57. Knapp RA, Matthews KR, Sarnelle O. 2001. Resistance and Resilience of Alpine Lake Fauna to Fish Introductions. *Ecological Monographs* 71:401–421.
58. Bonifait S, Defos Du Rau P. 2007. Distribution différentielle des Odonates et des Salmonidés indigènes et exogènes dans la réserve d'Orlu (Ariège, France). *Revue d'Écologie* 62(4):285–294.
59. Pope KL, Piovia-Scott J, Lawler SP. 2009. Changes in aquatic insect emergence in response to whole-lake experimental manipulations of introduced trout. *Freshwater Biology* 54:982–993.

60. Pope KL, Hannelly EC. 2013. Response of benthic macroinvertebrates to whole-lake, non-native fish treatments in mid-elevation lakes of the Trinity Alps, California. *Hydrobiologia* 714:201–215.
61. de Mendoza G, Rico E, Catalan J. 2012. Predation by introduced fish constrains the thermal distribution of aquatic Coleoptera in mountain lakes. *Freshwater Biology* 57:803–814.
62. Tiberti R, Rolla M, Brighenti S, Iacobuzio R. 2016. Changes in the insect emergence at the water–air interface in response to fish density manipulation in high altitude lakes. *Hydrobiologia* 779:93–104.
63. Tiberti R, Brighenti S. 2019. Do alpine macroinvertebrates recover differently in lakes and rivers after alien fish eradication? *Knowledge & Management of Aquatic Ecosystems* 420:37.
64. Tiberti R, Bogliani G, Brighenti S, Iacobuzio R, Liautaud K, Rolla M, Von Hardenberg A, Bassano B. 2019. Recovery of high mountain Alpine lakes after the eradication of introduced brook trout *Salvelinus fontinalis* using non-chemical methods. *Biological Invasions* 21:875–894.
65. Toro M, Granados I, Rubio A, Camacho, A, Sabás I, Ventura M, Montes C. 2020. Response of the aquatic invertebrate community to the eradication of an exotic invasive fish 30 years after its introduction into an Iberian alpine lake. *Aquatic Sciences* 82:1–2.
66. Osorio V, Puig MA, Buchaca T, Sabás I, Miró A, Lucati F, Suh J, Pou-Rovira Q, Ventura M. 2022. Non-native minnows cause much larger negative effects than trout on littoral macroinvertebrates of high mountain lakes. *Biological Conservation* 272:109637.
67. Bradford DF, Graber DM, Tabatabai F. 1993. Isolation of remaining populations of the native frog, *Rana muscosa*, by introduced fishes in Sequoia and Kings Canyon National Parks, California. *Conservation Biology* 7:882–888.
68. Tyler T, Liss WJ, Ganio LM, Larson GL, Hoffman R, Deimling E, Lomnický G. 1998. Interaction between introduced trout and larval salamanders (*Ambystoma macrodactylum*) in high-elevation lakes. *Conservation Biology* 12:94–105.
69. Vredenburg VT. 2004. Reversing introduced species effects: Experimental removal of introduced fish leads to rapid recovery of a declining frog. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 101:7646.

70. Martinez-Solano I, Barbadillo LJ, Lapena M. 2003. Effect of introduced fish on amphibian species richness and densities at a montane assemblage in the Sierra de Neila, Spain. *Herpetological Journal* 13:167–173.
71. Bosch J, Rincon PA, Boyero L, Martinez-Solano I. 2006. Effects of introduced salmonids on a montane population of Iberian frogs. *Conservation Biology* 20:180–189.
72. Hartel T, Nemes S, Cogalniceanu D, Öllerer K, Schweiger O, Moga CI, Demeter L. 2007. The effect of fish and aquatic habitat complexity on amphibians. *Hydrologia* 583:173–182.
73. Pope KL. 2008. Assessing changes in amphibian population dynamics following experimental manipulations of introduced fish. *Conservation Biology* 22:1572–1581.
74. Pilliod DS, Ricciardi A, Hossack BR, Bahls PF, Bull EL, Corn PS, Hokit G, Maxell BA, Munger JC, Wyrick A. 2010. Non-native salmonids affect amphibian occupancy at multiple spatial scales. *Diversity and Distributions* 16:959–974.
75. Knapp RA, Fellers GM, Kleeman PM, Miller DAW, Vredenburg VT, Rosenblum EB, Briggs CJ. 2016. Large-scale recovery of an endangered amphibian despite ongoing exposure to multiple stressors. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 113:11889–11894.
76. Tiberti R. 2018. Can satellite ponds buffer the impact of introduced fish on newts in a mountain pond network? *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 28(2):457–465.
77. Carillo E, Docampo E, Buchaca T, Miró A, Ninot JM, Osorio V, Pérez-Haase A, Puig MA, Sabas I, Ventura M. 2019. Alterations and changes that affect the conservation of the biodiversity of Estanho de Vilac (Aran Valley). In: Life+ Limnopirineus: Conservation of aquatic habitats and species in high mountains of the Pyrenees. *Technical report*.
78. Orizaola G, Braña F. 2006. Effect of salmonid introduction and other environmental characteristics on amphibian distribution and abundance in mountain lakes of northern Spain. *Animal Conservation* 9:171–178.
79. Miró A, O'Brien D, Tomàs J, Buchaca T, Sabás I, Osorio V, Lucati F, Font B, Jurado I, Cases M, Cruset E, Pou-Rovira Q, Ventura M. 2019. Rapid recovery of amphibian populations in eight high mountain lakes linked to the eradication of exotic fish. In:

Life+ Limnopirineus: Conservation of aquatic habitats and species in high mountains of the Pyrenees. *Technical report*.

80.Miró A, O'Brien D, Tomàs J, Buchaca T, Sabás I, Osorio V, Lucati F, Pou-Rovira Q, Ventura M. 2020. Rapid amphibian community recovery following removal of non-native fish from high mountain lakes. *Biological Conservation* 251:108783.

81.Tiberti R, von Hardenberg A. 2012. Impact of introduced fish on Common frog (*Rana temporaria*) close to its altitudinal limit in alpine lakes. *Amphibia-Reptilia* 33:303–307.

82.Montori A. 1997. Trophic segregation between the Pyrenean Newt (*Euproctus asper*) and the Brown Trout (*Salmo trutta fario*). In: *Herpetologia Bonnensis*, pp. 273–278, Bonn.

83.Pottier G, Trochet A, Dalibard M, Lafaille P, Guillaume O, Baillat B, Barbe F, Berroneau M, Bertrand R, Calvez O, Campredon F, Delmas C, de Massary JC, Goudédranche K, Lacaze V, Lapierre D, Le Roux B, Martin M, Muratet J, Rollet S, Barthe L. 2021. Systématique, biologie, écologie, répartition et statut de conservation du Calotriton des Pyrénées *Calotriton asper* (Dugès 1852) (Amphibia, Urodela, Salamandridae) en France : vers un Plan National d'Actions. *HERP me!* 3:1–124.

84.UICN France. 2015. La liste rouge des espèces menacées en France – Amphibiens de France métropolitaine.

85.Buchaca T, Sabás I, Osorio V, Pou-Rovira Q, Miró A, Puig MA, Cruset E, Font B, Ballesteros E, Lucati F, Suh J, Ventura M. 2019. Changes in lakes after the reduction of fish densities. In: *Life+ Limnopirineus: Conservation of aquatic habitats and species in high mountains of the Pyrenees. Technical report*.

86.Ventura M, Tiberti R, Buchaca T, Ninot JM, Pérez-Haase A, Pou-Rovira Q. 2022. LIFE RESQUE ALPYR : Restoration of aquatic ecosystems in protected areas of the Alps and Pyrenees. *Biology and Life Sciences Forum* 13:22.

87.Free CM, Jensen OP, Mason SA, Eriksen M, Williamson NJ, Bodgiv B. 2014. High-level of microplastic pollution in a large, remote, mountain lake. *Marine Pollution Bulletin* 85:156–163.

88.Pander J, Dobler AH, Hoos P, Geist J. 2022. Environmental pollution by lost fishing tackle: a systematic assessment in lake Eixendorf. *Environments* 9:144.

89.Lewin WC, Sühling R, Fries E, Solomon M, Brinkmann M, Weltersbach MS, Strehlow HV, Freese M. 2024. Soft plastic fishing lures as a potential source of chemical

pollution – chemical analyses, toxicological relevance, and anglers' perspectives. *Science of the Total Environment* 946:173884.

90.Miaud C, Pozet F, Gaudin NCG, Martel A, Pasmans F, Labrut S. 2016. Ranavirus causes mass die-offs of alpine amphibians in the southwestern Alps, France. *Journal of Wildlife Diseases* 52:242–252.

91.Parker BR, Wilhelm FM, Schindler DW. 1996. Recovery of *Hesperodinaotomus arcticus* populations from diapausing eggs following elimination by stocked salmonids. *Canadian Journal of Zoology* 74:1292–1297.

92.Knapp RA, Matthews KR. 1998. Eradication of non native fish by gill netting from a small mountain lake in California. *Restoration Ecology* 6:207–213.

93.McNaught AS, Schindler DW, Parker BR, Paul AJ, Anderson RS, Donald DB, Agbetti M. 1999. Restoration of the food web of an alpine lake following fish stocking. *Limnology and Oceanography* 44:127–136.

94.Sarnelle O, Knapp RA. 2004. Zooplankton recovery after fish removal: limitations of the egg bank. *Limnology and Oceanography* 49:1382–1392.

95.Knapp RA, Hawkins CP, Ladau J, McClory JG. 2005. Fauna of Yosemite National Park lakes has low resistance but high resilience to fish introductions. *Ecological Applications* 15(3):835–847.

96.Knapp RA, Boiano DM, Vredenburg VT. 2007. Removal of nonnative fish results in population expansion of a declining amphibian (mountain yellow-legged frog, *Rana muscosa*). *Biological Conservation* 135:11–20.

97.Knapp R, Sarnelle O. 2008. Recovery after local extinction: factors affecting re-establishment of alpine lake zooplankton. *Ecological Applications* 18:1850–1859.

98.Søndergaard M, Lauridsen TL, Johansson LS, Jeppesen E. 2017. Repeated fish removal to restore lakes: case study of Lake Væng, Denmark—two biomanipulations during 30 years of monitoring. *Water* 9:43.

99.Pou-Rovira Q, Cruset E, Font B, Jurado I, Cases M, Buchaca T, Miró A, Osorio V, Puig M, Ventura M. 2019. Removal of introduced fish as a restoration measure in high mountain lakes. In: Life+ Limnopirineus: Conservation of aquatic habitats and species in high mountains of the Pyrenees. *Technical report*.