



RECHERCHE

- S. JACQUET -

Les lacs périalpins sont des endroits où il fait bon plonger. Autour du Léman et des lacs d'Annecy et du Bourget, reconnus comme les plus grands lacs naturels profonds de l'hexagone, il existe de nombreux clubs ou centres de plongée et on estime à plusieurs dizaines de milliers le nombre annuel de plongées dans leurs eaux. Une des raisons à cela est la possibilité offerte par ces écosystèmes d'y observer de nombreuses espèces, même si certaines d'entre elles n'ont a priori rien à y faire!

LES ALIENS DU LÉMAN ET AUTRES GRANDS LACS PÉRIALPINS

/// DES LACS QUI RENDENT DE NOMBREUX SERVICES...

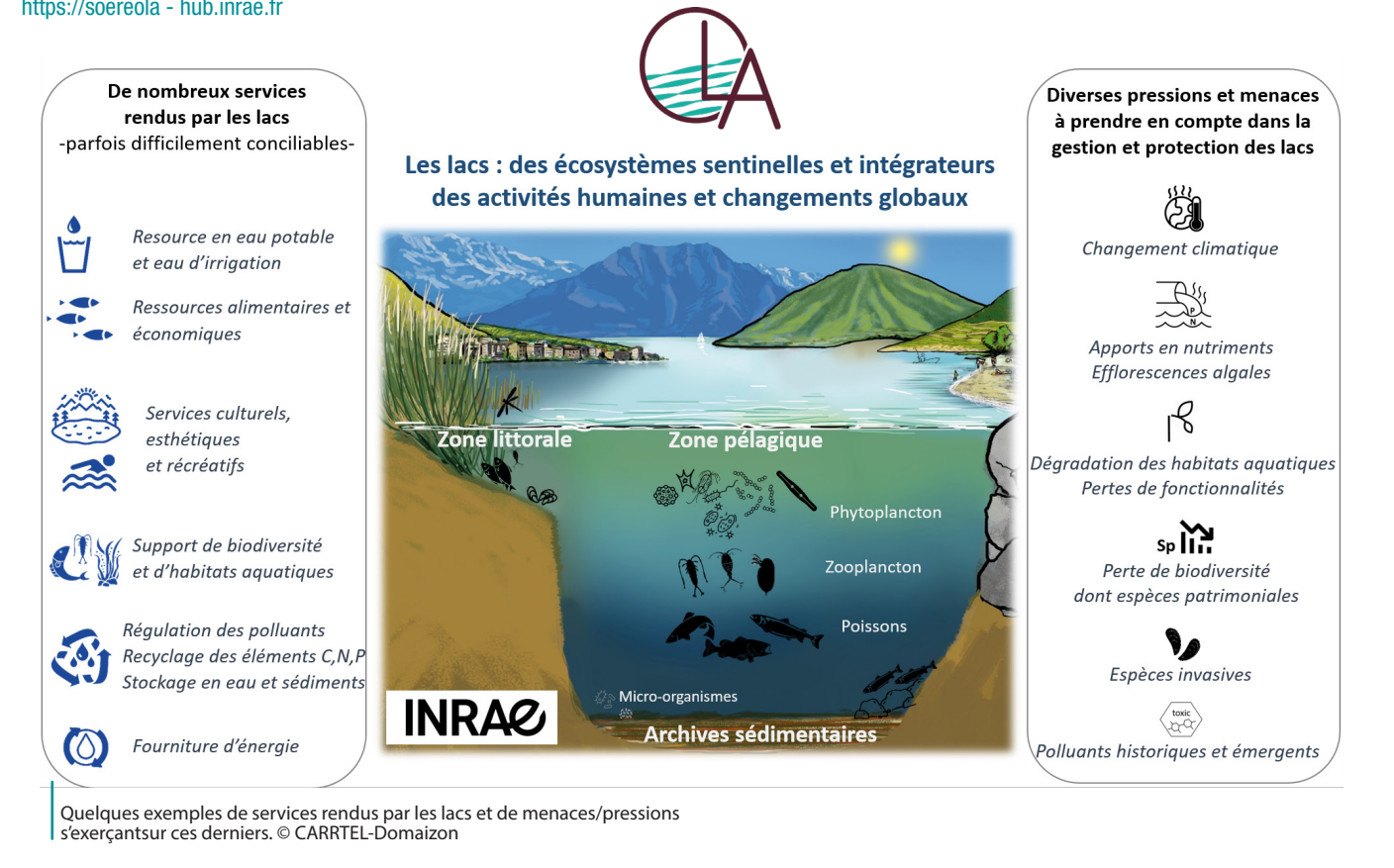
Les grands lacs périalpins cités ci-dessus sont d'incroyables écosystèmes, impressionnants par leur taille (surface et profondeur) mais aussi par l'ensemble des services qu'ils rendent. Ces services dits écosystémiques peuvent être rangés en trois catégories : les services d'approvisionnement, les services de régulation et les services culturels. Nos lacs constituent une réserve en eau potable et ressources alimentaires. Autour du Léman, près d'un million de personnes profitent de l'eau du lac après traitement. Genève, par exemple, tire 90 % de son eau potable du lac. De même, 88 % des ressources en eau de l'agglomération annécienne proviennent du lac d'Annecy. Le lac du Bourget est également la ressource principale en eau de la ville d'Aix-les-Bains. Un autre service d'approvisionnement clé fourni par ces lacs est la ressource en poissons à des fins alimentaires. La pêche professionnelle, représente environ 140 licences au Léman, 8 au Bourget et 2 à Annecy et un chiffre d'affaires global annuel estimé autour de 5 millions d'euros. La pêche amateur, c'est aussi plusieurs milliers de licences réparties sur ces 3 lacs. J'aurais encore pu citer/développer d'autres services dans cette catégorie comme la navigation, la production d'énergie et la fabrication d'objets ou de molécules. Parmi les services dits culturels, en plus de tout ce qui relève de l'histoire, la science et l'éducation, citons à titre d'exemple les activités récréatives (avec la baignade, la plaisance sous ses multiples formes, la plongée bien sûr) auxquelles on peut rajouter le ressenti, le côté spirituel, symbolique ou sacré, le tout faisant que ces grands lacs sont d'incroyables lieux de nature, de détente, de bien-être, de lien social et d'inspiration variée autant pour l'art que la littérature. Enfin, les services de régulation sont multiples. On peut citer le fait que ces lacs interviennent dans la réduction de l'érosion ou des risques d'inondation, qu'ils ont des capacités de filtration et purification de l'eau ou encore de séquestration de déchets. Ils jouent également un rôle dans la régulation du climat local et dans l'atténuation des impacts du changement climatique. Enfin, ils sont un fantastique support et maintien de la biodiversité, d'habitats, nurserie, frayères, zones de nourrissage ou de repos.

///...MAIS DES LACS QUI RESTENT FORTEMENT MENACÉS

On comprend aisément dès lors que ces écosystèmes (qui nous rapportent beaucoup) soient le lieu d'une attention particulière et jouissent, depuis de nombreuses décennies, de suivis écologiques permettant de statuer sur leur état de santé, leur évolution et leurs réponses face aux pressions qu'ils subissent, pour *in fine* tout faire pour les protéger et prendre les décisions nécessaires à leur sauvegarde ou leur restauration (lire encadré « *L'observatoire des lacs* »). Il n'empêche que ces lacs restent menacés, et, là encore, la liste des pressions est longue. Sans préjuger de leur importance, et sans donc les classer ou les comparer les unes aux autres, on peut citer parmi les multiples menaces la pollution par les nutriments venant du bassin-versant ou déjà présents dans les sédiments (phosphore, azote) susceptibles d'entraîner des efflorescences algales (certaines pouvant être toxiques), la pollution par une grande variété de molécules (pesticides, fongicides, herbicides, médicaments, métaux lourds, PCB, etc.) qui soulève des préoccupations en raison de l'effet cocktail et de l'impact à long terme sur les organismes et l'Homme, la pollution plastique (qui reste certes relativement modeste par rapport à d'autres lacs dans le monde mais qui existe bel et bien), la pollution sonore (non négligeable d'après une étude récente qui a été réalisée sur le lac du Bourget¹), la possible surexploitation des ressources vivantes (typiquement les poissons ici), le changement global (réchauffement climatique, événements extrêmes), l'impact de l'affluence touristique estivale sur la faune et flore (avec son cortège d'ancres jetées ici et là, de crème solaire, de turbulences, de pollutions diverses, etc.), les captations en eau (à vocation alimentaire/sanitaire ou pour des projets de climatisation de bâtiments), ou encore l'urbanisation croissante et l'occupation du territoire. Est-ce tout? Bien sûr que non! Comme si cela ne suffisait pas, les lacs sont un fantastique réceptacle pour des espèces venues d'ailleurs et qui ne sont pas forcément les bienvenues. On parle alors d'espèces exotiques, exogènes ou allochtones pouvant, pour certaines, devenir envahissantes.

L'OBSERVATOIRE DES LACS

Hébergé par le Centre alpin de recherches sur les réseaux trophiques et les écosystèmes limniques (<https://fr-carrel.lyon-grenoble.hub.inrae.fr/unite>), unité de recherche mixte entre INRAE et l'université Savoie Mont-Blanc, l'Observatoire des Lacs (OLA) a pour objectif de fournir des données scientifiques de qualité pour comprendre et finalement modéliser l'évolution de l'état et des fonctions écologiques des systèmes lacustres soumis simultanément à un changement des pressions anthropiques locales et climatiques. Les quatre grands lacs naturels péri-alpins (lacs d'Aiguebelette, d'Annecy, du Bourget et Léman) sont au centre de cet observatoire, grâce au processus de suivi écologique initié sur ces systèmes depuis plusieurs décennies. Le détail des observations, de la production et des projets scientifiques, les sites d'étude SOERE OLA, ainsi que ses partenaires et les réseaux dans lesquels il est impliqué peuvent être consultés ici : <https://soereola-hub.inrae.fr>



/// LE FLÉAU QUE REPRÉSENTENT LES ESPÈCES EXOTIQUES ENVAHISSANTES (EEE)

Dès lors que certains animaux, végétaux ou micro-organismes introduits sur un (nouveau) territoire donné par l'Homme, et ce, de manière volontaire ou fortuite, représentent une menace pour le ou les écosystèmes, on parle d'Espèces Exotiques Envahissantes (EEE). Ainsi, une espèce venue d'ailleurs peut être considérée comme pouvant causer des impacts écologiques et/ou socio-économiques, dit autrement des effets négatifs, si une réponse positive peut être faite aux questions suivantes : (i)
> L'espèce entraîne-t-elle une perte de biodiversité au niveau de l'espèce, de la population, de la communauté ou de l'écosystème? (ii)
> Y a-t-il une perte de production de nourriture, d'énergie ou de ressource? (iii)
> Y a-t-il un changement significatif porté sur le fonctionnement de l'écosystème? (iv)
> Y a-t-il un impact négatif sur le service d'approvisionnement (en eau ou en ressources comme les poissons via la pêche)? (v)
> Y a-t-il un impact sur la santé animale ou humaine? (vi)
Y a-t-il des répercussions sur les activités récréatives? (vii)
> Des dommages sont-ils causés à certaines infrastructures? (viii)
> Cela se traduit-il par d'importants coûts économiques?

Dans le monde, comme on le sait aujourd'hui, c'est un phénomène qui s'intensifie et qui constitue une problématique de gestion grave car souvent associé à des impacts économiques lourds liés à diverses perturbations biologiques et physico-chimiques, ainsi que de la remise en question de certains usages, etc. Pour citer quelques chiffres criants émanant du dernier rapport de la plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques parus en septembre 2023 (l'IPBES que l'on peut définir comme le GIEC de la biodiversité, <https://www.ipbes.net/fr>), plus de 37 000 espèces exotiques

sont aujourd'hui établies dans le monde (et il en arrive 200 nouvelles de plus tous les ans en moyenne). Sur ces 37 000, environ 3 500 (53 % d'invertébrés, 30 % plantes, 13 % vertébrés, 4 % microbes) peuvent être qualifiées d'envahissantes et une augmentation de ces dernières de plus de 35 % est attendue d'ici à 2050. Reconnues comme la seconde cause de perte de biodiversité, les EEE sont responsables à elles seules d'environ 16 % des extinctions mondiales (c'est 60 % de contribution quand elles sont associées à un autre facteur). La proportion des impacts dans les écosystèmes d'eau douce est d'environ 14 %. Et au final, leur impact économique a été chiffré depuis 1970 à plus de 400 milliards d'euros (un chiffre qui est multiplié par 4 tous les 10 ans). À l'échelle de l'Europe, plus de 140 milliards d'euros ont été dépensés depuis 1960 pour faire face aux EEE. En France, 2 621 espèces exotiques ont été recensées, parmi lesquelles 20 sont considérées comme envahissantes (sur les 88 que compte l'Europe). Leur coût économique est estimé entre 44 et 395 millions d'euros par an.

/// ET NOS LACS DANS TOUT ÇA?

On l'aura compris, la France n'est pas exempte d'EEE. Aujourd'hui, aucun écosystème n'échappe à ce phénomène. Dans le Léman, lac frontière entre la France et la Suisse, considéré ici comme un écosystème aquatique de grande taille assez représentatif, le nombre d'espèces visibles allochtones parmi les invertébrés référencés depuis 1900 est de 18 et 8 à 9 d'entre elles sont considérées comme envahissantes. Il s'agit de l'escargot de Nouvelle-Zélande (*Potamopyrgus antipodarum*), la palourde asiatique (*Corbicula fluminea*) et les moules zébrées et quagga (*Dreissena polymorpha* et *D. rostriformis burgensis*) pour les mollusques, le gammare du Danube ou crevette tueuse (*Dikerogammarus villosus*), la crevette de vase (*Chelichorophium curvispinum*), les écrevisses américaines et signal (*Orconectes limosus* et *Pacifastacus leniusculus*) et fort



Des exemples d'alien ! La crevette tueuse en haut à droite, l'écrevisse signal et l'écrevisse américaine en bas à droite, la petite crevette rouge sang à gauche, la moule quagga au centre (© CARRTEL & ©marcvassart).

possiblement la crevette rouge sang (*Hemimysis anomala*) pour ce qui concerne les arthropodes. À cette liste on peut rajouter pour les vertébrés un poisson qui a récemment envahi les grands lacs périalpins, le silure glane (*Silurus glanus*). L'apparition de ces espèces a été plus ou moins spectaculaire, de par leur taille, leur degré d'expansion ou encore les nuisances occasionnées. Les pêcheurs et les plongeurs, sentinelles des changements et véritables lanceurs d'alerte, ont souvent été les premiers observateurs et rapporteurs de l'arrivée puis du caractère invasif de ces espèces. Avec bonheur et étonnement, aurais-je envie de dire, car s'il est toujours sympathique d'observer quelque chose de nouveau sous l'eau, rapidement la question du pourquoi de sa présence, puis de ses impacts, se pose. La macrofaune benthique indigène du Léman a ainsi été fortement impactée et continue de l'être avec l'arrivée de ces espèces exotiques à fort pouvoir de nuisance. Les fonds littoraux ont changé de faciès avec l'installation du gammare du Danube, de la palourde asiatique, du ver de vase et surtout, depuis une dizaine d'années, de la moule quagga. Des études ont rapporté que l'ensemble a fait chuter la biodiversité littorale, marquée par la régression majeure du gammare indigène, de l'aselle et des larves d'insectes.

/// L'EXEMPLE DE LA MOULE QUAGGA

C'est aujourd'hui l'EEE la plus abondante et la plus répandue au Léman mais également dans une multitude d'autres grands lacs de l'arc alpin (le Bourget, Constance, etc.). Originaire du bassin pontocapsien (autour de la mer Noire, mer Caspienne et mer d'Azov) l'invasion de la moule quagga s'explique par un énorme pouvoir de dissémination (via ses larves et les coquilles attachées sur une variété possible de support), de colonisation sur tout type de substrat (dur à meuble), de

LE PROJET SEEWANDEL

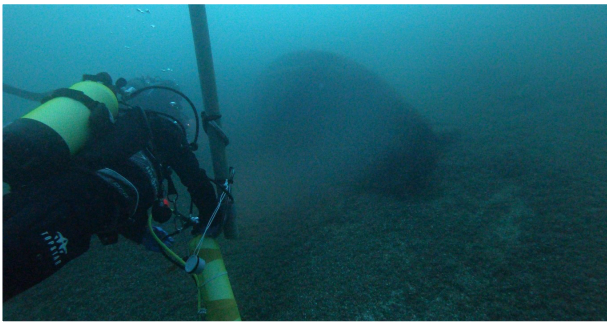
Animé par l'EAWAG (Institut fédéral suisse des sciences et technologies aquatiques) et focalisé majoritairement sur le lac de Constance, s'est attelé à détailler quelles conséquences entraînera la moule quagga pour les lacs alpins et préalpins, dont le Léman. Et les conséquences éventuelles sont nombreuses: déclin du plancton car ces bivalves filtrent de grandes quantités de phytoplancton; augmentation de la profondeur de visibilité en raison du déclin du plancton; augmentation des nutriments au fond du lac et diminution des nutriments dans les eaux libres du fait que les moules vivent à proximité du sol; modification des communautés d'espèces et du réseau trophique; déclin des stocks de poissons en raison de la modification du réseau trophique; coquilles de moules sur les rives; augmentation des travaux d'entretien et des coûts, par exemple pour les tuyaux destinés au captage d'eau, pour les bateaux, pour les filets de pêche, etc.



reproduction (jusqu'à plusieurs dizaines à centaines de milliers de progénitures par individu) très importante et probablement sur toute l'année. Du coup, on peut se demander pourquoi elle n'est pas arrivée plus tôt chez nous ou ailleurs? On ne sait pas vraiment mais une réponse possible est liée au niveau trophique. La quagga a la réputation de ne pas tolérer un niveau trophique élevé. Avec la réoligotrophisation, elle a peut-être plus de chance de survivre. Pas impossible qu'elle voyageait avant mais sans s'implanter car c'était trop eutrophe partout. Ce serait cohérent (i) avec les grands lacs laurentiens moins pollués et où elle s'est implantée avant, ou encore (ii) avec le fait d'arriver en second après la moule zébrée qui voyage facilement, prépare le terrain, stock le phosphore, fait chuter la production planctonique, et favorise in fine la quagga qui supplante sa consœur (il reste généralement moins de 10 % de zébrées quand la quagga colonise un milieu donné – ce qui semble le cas au Léman!). Aujourd'hui, les problèmes posés par ce bivalve sont nombreux, de nature écologique et économique (voir encadré « Le projet Seewandel »). Il a uniformisé les fonds en recouvrant sédiments, roches, blocs, galets, etc. normalement lieux d'habitats et de refuges pour toute une communauté d'invertébrés. Les grandes moules du genre Anodonta et Unio, sûrement déjà impactées par la moule zébrée (arrivée au milieu du siècle dernier) mais aussi par la corbicule (arrivée au début des années 2000), ont quasiment disparu avec le recouvrement opéré par la quagga depuis une décennie, probablement parce qu'elles empêchent les grands bivalves de respirer, d'effectuer leur activité de fouisseur, ou encore de creuser des galeries dans le sédiment pour se nourrir. Par filtration, la quagga réduit la biomasse du plancton, qui sert de nourriture aux larves de poissons. En augmentant la transparence, elle permet le développement de macrophytes qui, à leur tour, rentrent plus en compétition avec le phytoplancton pour les nutriments et favorisent donc aussi la baisse d'abondance planctonique. La répercussion sur les réseaux trophiques est encore peu connue mais certains lacs ont vu leur effectif en poissons salmonidés réduit. D'un point de vue économique, en plus de diminuer la biomasse de poissons pêchés, véritable manque à gagner pour la pêche professionnelle, la moule quagga impacte également de manière très forte les services de pompage et d'approvisionnement en eau (potable ou de refroidissement) car elle obstrue les prises d'eau (crépines) et canalisations. Le coût associé à la gestion de ces bouchages et pertes d'efficacité de pompage a d'ailleurs été estimé aux US et atteint plusieurs millions de dollars chaque année. Le problème, c'est que les solutions, une fois que cet animal est implanté, sont quasiment inexistantes, d'autant qu'il ne présente aucun intérêt commercial car ne se consommant pas! Il n'empêche que les messages d'alerte et de bonne pratique ne sont pas inutiles. Cela concerne les plongeurs qui doivent penser à rincer et faire sécher leur matériel pendant quelques jours ou à utiliser un produit désinfectant « *eco-friendly* » si l'idée de passer d'un lac à un autre le temps d'un week-end est envisagée par exemple. Le conseil est encore plus important pour les plaisanciers qui, s'ils passent d'un lac à un autre, doivent à tout prix nettoyer et faire sécher leur bateau, éliminer les eaux de ballaste, et attendre quelques jours.



Recouvrement typique des fonds par la moule quagga au Léman ©CARRTEL



Prélèvement dans un essaim hivernal typique d'*Hemimysis anomala* ©CARRTEL.

/// L'EXEMPLE DE LA PETITE CREVETTE ROUGE SANG

La crevette rouge sang, *Hemimysis anomala* (Mysidae), également originaire de la région pontocaspienne, s'est récemment installée dans les grands lacs périalpins alors que l'animal est paradoxalement considéré « en voie de disparition » dans sa région d'origine. Il existe encore très peu de preuves scientifiques sur l'ampleur de sa colonisation dans les grands lacs périalpins, sa phénologie ou encore ses interactions trophiques avec les espèces autochtones. Par conséquent, les enjeux autour de cette espèce, observée depuis 2007 dans le Léman (et le Bourget), sont nombreux et concernent principalement ses interférences au sein des réseaux trophiques lacustres. Dit autrement, de quoi se nourrit-elle? Est-ce important et pouvant impacter fortement les chaînes alimentaires classiques? Comment entre-t-elle dans le réseau trophique elle-même? Au sein du CARRTEL, cette espèce a été étudiée au cours des 4 dernières années révélant de très forts essaims en hiver, une nourriture pour moitié zooplanctonique (avant le phytoplancton et autres débris organiques) mais pouvant aussi servir de manne nutritive au printemps pour les perches remontant des profondeurs du lac. L'image valant souvent mieux qu'un grand discours, le lecteur intéressé trouvera des petites vidéos ici : https://youtu.be/n_LJH7rub3E?si=y_sjlpvmBZceAtnW <https://www.youtube.com/watch?v=KBvkgpm4i5k> <https://www.youtube.com/watch?v=8-GKSUPUzi4>

/// QUI SERA LE PROCHAIN ?

Originaire des zones littorales des mers Caspienne, Noire et d'Azov, des estuaires et des parties aval de cours d'eau comme le Danube, le Dniestr, le Dniepr, le Don et l'Ura, le gobie à tache noire (*Neogobius melanostomus*) est apparu en France pour la première fois dans le Rhin à Gamsheim et à Rhinau, ainsi que dans la partie aval de la Moselle en 2011. Ce petit poisson est connu comme l'espèce de gobies ponto-caspiens avec la plus grande part de dreissènes dans son régime alimentaire. Il a suivi avec un délai plus ou moins important les moules zébrées et quagga sur beaucoup de milieux colonisés si bien que cette espèce est aujourd'hui présente dans de nombreux cours d'eau et plans d'eau français. La question n'est donc pas vraiment de savoir si l'espèce va s'implanter dans les grands lacs périalpins (Bourget, Léman) mais plutôt quand, et si cette espèce invasive connue pour engendrer de fortes perturbations (par exemple sur les grands lacs nord-américains, en entrant en compétition avec des espèces indigènes, en qualité de prédateurs des œufs, alevins et parfois juvéniles de poissons, en modifiant les chaînes trophiques de certains milieux) va en faire de même chez nous.

/// EN GUISE DE CONCLUSION

On l'aura compris, Le Léman (et les autres grands lacs périalpins) est régulièrement colonisé par de nouveaux arrivants. Certaines de ces espèces exogènes sont



Une photo parlante avec 3 espèces exotiques (écrevisse, mysidé, moule). Les interactions entre ces espèces sont peu ou pas connues. Ici, un ménage à trois ? ©CARRTEL

envahissantes, susceptibles de chambouler le fonctionnement global de l'écosystème et tous les efforts de restauration qui ont été réalisés. Leur impact négatif peut se cumuler avec d'autres menaces, d'autres facteurs de pression (par exemple le changement climatique). Si les pêcheurs et les plongeurs peuvent être de très bons lanceurs d'alerte, la surveillance scientifique et les suivis écologiques à long terme sont critiques et doivent être encouragés et soutenus. Ils vont de pair avec le développement d'approches innovantes pour détecter précocement de nouvelles espèces (grâce à des outils comme l'ADN environnemental, l'image grâce à divers types de caméras pouvant être embarquées) et de la mise en place de modes de gestion appropriée si et quand cela est possible. L'engagement dans ces pratiques préventives et réactives demeure essentiel pour préserver la santé et la biodiversité des lacs périalpins face à ces nombreux défis. ■

1 Le projet POLLUSON visait à quantifier la pollution sonore liée à l'activité nautique dans le plus grand lac naturel profond français. Des balises acoustiques assurant un monitoring acoustique passif ont été déployées pendant 2 ans sur 5 zones différentes sous l'eau vers 25 m de profondeur révélant in fine que le bruit sous l'eau est bien réel (en été surtout) et qu'il est susceptible d'impacter la faune du lac. L'exploitation des résultats est en cours.

Remerciements : L'auteur tient à remercier Hervé Rogissart et Bernard Jacquet pour leur relecture critique de cet article.