

## Flore aquatique des lacs d'altitude, 2013-2023 : de la connaissance à la protection

François Prud'homme<sup>1</sup>, Bruno Durand<sup>1</sup> et Lucile Nivelet<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées, Vallon de Salut, BP 70315, 65203 Bagnères-de-Bigorre Cedex (France). Email : francois.prudhomme@cbnmpm.fr

**Mots clés :** lacs, Pyrénées, flore aquatique, plongée, conservation.

### Résumé :

Après 10 ans d'études dédiées et plus de 150 lacs prospectés par plongée, le CBNPMP est en capacité de proposer des actions concrètes de conservation de la flore aquatique des lacs de montagne.

Dans une présentation synthétique, nous nous proposons ici de décrire l'histoire de nos plongées botaniques et ses résultats originaux. Nous proposons en particulier un état des lieux (illustré d'images subaquatiques) de la flore et des végétations aquatiques des lacs pyrénéens, jusqu'alors très méconnues et sur lesquelles nous produirons une actualisation de nos premières synthèses. Il s'agit d'une flore très spécifique, propre à des écosystèmes très originaux et fragiles.

À ce nouvel état des lieux, nous ajouterons un bilan bibliographique des enjeux sur la conservation de cette flore. Nous nous reposerons sur un dépouillement de la bibliographie spécifique (plus de 200 références) dont nous présenterons les résultats de façon globale.

Fort de ces deux éléments, nous présenterons les travaux en cours d'intervention et de surveillance de la flore aquatique lacustre, en particulier sur 1) les impacts des travaux d'infrastructures hydroélectriques, 2) les impacts d'une fréquentation croissante, 3) les actions de nettoyage des macro-déchets d'un lac d'altitude ou d'enlèvement d'espèce végétale exotique envahissante. Nous nous concentrerons sur des exemples très concrets.

Ainsi, de la connaissance à l'action, nous proposons un panorama sur le patrimoine végétal des lacs des Pyrénées dont les médias ont beaucoup parlé au cours de l'été 2023 (verdissement des lacs). Entre la perception d'un milieu immuable imperméable à toute pression anthropique et « *un verdissement généralisé par des algues tueuses de chien* » comme le titrait le journal *Libération* cet été, l'enjeu de partager la connaissance technique et scientifique sur les végétations aquatiques des lacs pyrénéens n'a jamais été aussi importante.

Photos: copyright Bruno Durand et François Prud'homme / CBNPMP

**Abstract:**

After 10 years of dedicated studies and more than 150 lakes dived, the CBNPMP is in a position to propose concrete actions for the conservation of the aquatic flora of mountain lakes.

In a brief presentation, we describe the history of botanical diving and its original results. We will then provide an overview (illustrated with underwater images) of the aquatic flora and vegetation of Pyrenean lakes, which until now has been little known and on which we will update our initial summaries. This is a very specific flora, specific to very original and fragile ecosystems.

In addition to this new inventory, we will be adding a bibliographical review of the issues surrounding the conservation of this flora. This will be based on an analysis of the specific bibliography (over 200 references), the results of which will be presented in a comprehensive manner.

On the basis of these two elements, we will present the work in progress in terms of intervention and monitoring of the aquatic flora of lakes, in particular 1) the impacts of hydroelectric infrastructure works, 2) the impacts of increasing visitor numbers, 3) the actions to clean up macro-waste from a high-altitude lake or the removal of invasive exotic plant species. We will focus on very concrete examples.

**1. Il était une fois...**

En France, les lacs de montagne ont longtemps été appréhendés, au premier abord, par leur dimension esthétique : des paysages grandioses au cœur d'une nature préservée et bien loin des activités humaines. Cet imaginaire collectif les a longtemps exclus des politiques publiques de préservation de la biodiversité, qui commencent seulement depuis quelques années à les considérer comme de véritables écosystèmes fragiles. Les habitats qu'ils abritent ont été exposés aux regards des acteurs de la protection de la nature, par la directive Habitats Faune Flore (3130 - Eaux stagnantes, oligotrophes à mésotrophes avec végétation des *Littorelletea uniflorae* et/ou des *Isoeto-Nanojuncetea*; 3140 -

Eaux oligo-mésotrophes calcaires avec végétation benthique à *Chara* spp.; 3150 - Lacs eutrophes naturels avec végétation du *Magnopotamion* ou de l'*Hydrocharition*). Cette reconnaissance par les politiques publiques a été un déclic pour la prise en main de ces questions par les gestionnaires d'espaces naturels, en particulier dans un contexte de changement climatique (Ribaud et al., 2021). S'en est suivie une volonté accrue de nombreux naturalistes et scientifiques de travailler à la connaissance de la biodiversité des lacs de montagne.



Lac des Guits (65)



Lac Bersau (64)

Accompagnant cet élan, le conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées (CBNPMP) a souhaité mieux connaître la flore et les végétations des lacs de la montagne pyrénéenne. Pour prospecter ces écosystèmes aquatiques, nous avons choisi de plonger, pas de façon ponctuelle comme avant nous Dufour en 1799 (Duris & Diaz, 1986), Gay en 1861 ou De Salve en 1865 mais de façon systématique et professionnelle (habilitation à la plongée en milieu professionnel). En quelques années, nous avons pu produire des premières synthèses sur la flore et les végétations de ces lacs, très peu connues jusque-là

(Prud'homme & Durand, 2018 ; Prud'homme *et al.*, 2019). Aujourd'hui, après plus de 150 lacs prospectés en plongée, la connaissance des lacs d'altitude se voit consolidée et offre une vision, sinon exhaustive, du moins plus précise de la répartition et de l'écologie des espèces végétales aquatiques sur le versant français de la chaîne pyrénéenne.

Sans refaire ici la présentation de toutes les espèces observées et précédemment traitées dans ces synthèses, chacun des divers groupes taxonomiques représentés, des algues aux angiospermes, sera abordé et illustré par une ou plusieurs espèces remarquables.

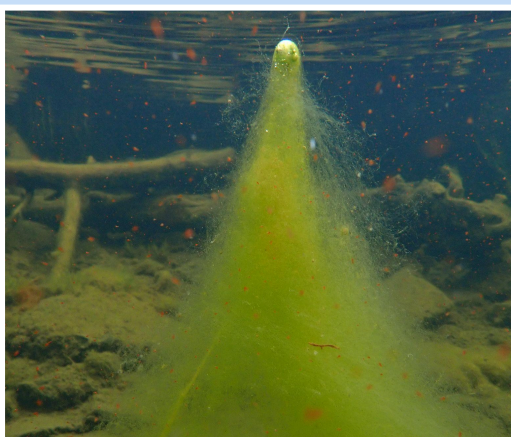
## 2. Des algues...

Si nous avons pu constater la présence d'algues vertes, de façon parfois importante, dans les lacs de montagne que nous avons prospectés, leur détermination reste une affaire de spécialiste, hors de notre domaine de compétence. C'est pourquoi nous nous sommes cantonnés à une famille d'algues que l'on peut qualifier d'« évoluées », d'ailleurs très souvent traitées anciennement dans les flores des plantes vasculaires : les Characées.

Pour quatre espèces connues dans les Pyrénées françaises avant 2010, c'est maintenant huit espèces dont nous avons pu confirmer la présence. Celles-ci sont réparties en deux genres, *Nitella* C.Agardh, 1824 et *Chara* L., 1753. Elles forment parfois des peuplements

denses et constituent des habitats d'intérêt communautaire (type UE3140).

Ce sont les communautés végétales que l'on peut trouver le plus profondément dans les lacs de montagne, avec plusieurs exemples d'observations à plus de 10 mètres de profondeur.



Algues vertes, étang de l'Herbier (66)



Herbier de *Chara globularis* Thuill.,  
1799 lac d'Ormiélas (64)

### 3. Des mousses...

Les prospections aquatiques ont permis d'améliorer la connaissance sur l'écologie des bryophytes. Les espèces mentionnées (treize au total à ce jour) étaient déjà connues des milieux aquatiques superficiels, tourbières, exutoires et rives des lacs ; nous avons pu les observer jusqu'à plus de 10 mètres de profondeur, poussant le plus

souvent de manière isolée mais pouvant aussi constituer de véritables gazons subaquatiques, de la même façon que les characées.



*Sarmientypnum exannulatum* (Schimp.)  
Hedenäs, 2006, étang de l'Albeille (09)

### 4. Des « fougères »...

Elles sont représentées dans les lacs de montagne par un unique genre, *Isoetes*, qui fait partie du groupe des Lycophytes. Ce groupe comprenait à l'époque du Carbonifère des formes arborescentes sans commune mesure avec les espèces que l'on peut observer dans les lacs pyrénéens actuellement, qui eux, ne dépassent guère 10 cm de hauteur.

*Isoetes lacustris* L. 1753 et *Isoetes echinospora* Durieu 1861 sont protégés au niveau national, leur détermination, bien que possible sur le terrain, demande confirmation par l'observation des megaspores (ou macrospores) à la loupe binoculaire. Les megaspores d'*I. echinospora*, sont hérissées de petites aiguilles alors que celles d'*I. lacustris* comportent des ornements en crêtes sinueuses. Les isoètes forment



parfois de véritables gazons avec *Sparganium angustifolium* Michx. 1803 et constituent des habitats d'intérêt communautaire (type UE3130).



*Isoetes lacustris*, étang d'Escobès (09)



*Isoetes lacustris*, Etang du Pla de la Font (09)



Mégaspore d'*Isoetes lacustris*, lac des Guits (65)

## 5. Et des plantes à fleur

Ce sont 16 espèces au total qui ont été observées, principalement parmi les monocotylédones. Dans ce groupe, le

genre *Potamogeton* L. 1753 est le mieux représenté avec 7 espèces différentes.

Parmi celles-ci, *Potamogeton berchtoldii* Fieber 1838, illustre parfaitement l'avancée qu'ont permis les prospections aquatiques en matière de connaissance sur la répartition des espèces. Jusqu'en 2013, ce taxon n'était connu que d'une unique station dans les Pyrénées françaises. Nous la connaissons maintenant dans plus de 25 lacs.

Ce potamot, de taille relativement petite, n'est que très rarement visible à partir de la surface, contrairement à d'autres espèces de grande taille, comme par exemple *P. praelongus* Wulfen 1805 ou à feuilles flottantes comme *P. natans* L. 1753 et *P. gramineus* L. 1753. C'est peut-être une des raisons qui l'avait fait passer inaperçu jusque là.

Les herbiers aquatiques enracinés constituent un autre habitat d'intérêt communautaire (type UE3150).



*Ranunculus aquatilis* L. 1753, lac d'Estom (65)



*Potamogeton gramineus*, lac de Bareilles (65)



*Potamogeton berchtoldii*, lac d'Astazou (65)



*Potamogeton praelongus*, lacs de Consaterre (65)



*Potamogeton natans*, étang du Laurenti (09)

Pour la subulaire aquatique (*Subularia aquatica* L. 1753) petite Brassicacée protégée au niveau régional (ancienne région Midi-Pyrénées), les prospections aquatiques ont permis de faire le bilan de ses populations. Cette espèce annuelle d'écologie très particulière pousse jusqu'à 3 mètres de profondeur mais peut aussi s'épanouir sur les berges des lacs au moment de l'exondation. Elle peut former au fond de certains lacs peu profonds des populations de plus d'un million d'individus.



*Subularia aquatica*, étang des Camporells (66)



## 6. Des problèmes de gestion ?

Dans le même temps, une dynamique partenariale a permis de regrouper autour de la question de la conservation de ces écosystèmes lacustres un groupe d'acteurs de la protection de la nature composé de gestionnaires (dont le Parc national des Pyrénées, Parcs et gouvernements espagnols et andorrans), des experts de la faune (en particulier le CEN Occitanie) et des scientifiques académiques (CNRS Geode, Didier Galop, CSIC, Marc Ventura). Le résultat de ce partenariat France-Espagne-Andorre a été valorisé en 2020 (Prud'homme *et al.*, 2020). Cette publication illustre un moment charnière de passage de la connaissance à la gestion conservatoire avec en particulier la mise en œuvre de la première tentative de désempoisonnement d'un lac dans les Pyrénées françaises par le Parc national des Pyrénées.

Nos améliorations de connaissance s'inscrivaient en effet dans une prise de conscience collective de l'enjeu, jusque-là souvent oublié, de conservation de la biodiversité aquatique des lacs de montagne.

Dans une volonté de répondre à l'attente des gestionnaires de disposer des références scientifiques nécessaires pour appréhender au mieux les enjeux de conservation des lacs de montagne, nous avons produit une synthèse bibliographique de plus de 200 références internationales (Nivelet *et al.*, à paraître). Adaptée à un lectorat de

gestionnaires et de décideurs et aux contextes de mise en œuvre des politiques publiques de protection de la nature, ce document comporte des parties généralistes et pédagogiques pour introduire chaque problématique s'appliquant sur ces milieux.

Ainsi 57 références ont été rassemblées pour illustrer les pressions globales contre lesquelles les gestionnaires ne peuvent pas lutter, telles que l'impact du changement climatique (15 références), et ses interactions avec la pollution anthropique (8 références) ainsi que la dégradation de la qualité de l'eau qui en découle (34 références). 119 références ont été recueillies pour mettre en lumière les pressions locales contre lesquelles les gestionnaires peuvent agir, telles que l'impact de l'introduction de poissons sur la macrofaune et la macroflore (48 références), la pression des espèces exotiques envahissantes et de nouveaux pathogènes (26 références), les pressions pastorales (10 références) et touristiques (14 références), et les dégradations liées aux aménagements hydroélectriques (21 références).

Une partie est également réservée au recueil d'actions de conservation développées dans les Alpes et Pyrénées françaises et de propositions de mesures de gestion pouvant servir d'exemple.

En rassemblant des travaux de recherches et des retours d'expériences qui documentent ces pressions, de la manière la plus exhaustive possible,

l'objectif est bien d'offrir aux gestionnaires d'espaces naturels une base scientifique solide pour le montage de programmes de gestion adaptés aux contextes locaux mais aussi plus global de ces espaces. L'enjeu pointé par cette synthèse est la nécessité de travailler en collaboration et de faire des compromis dans un contexte naturel et social complexe d'aménagement du territoire sur un milieu générateur de nombreux services écosystémiques.

## 7. Des actions concrètes

Riches de notre connaissance consolidée de la flore aquatique de ces lacs et des références bibliographiques dépouillées, nous avons pu commencer à mettre en place des opérations de suivi de gestion et d'usage mais aussi expérimenter des actions d'amélioration de l'état de conservation de lacs pyrénéens.

Nous avons ainsi profité d'un dispositif du CNRS (Didier Galop / Geode) pour mesurer les potentiels impacts de la fréquentation (baignade en particulier) sur les étangs d'Allate et d'Arbu (Ariège). Nous avons en particulier surveillé les gazons d'isoètes hébergés par ces lacs, surtout dans les zones de baignades et de mise à l'eau. Les premiers résultats semblent rassurants, les pieds d'isoètes sont très peu affectés mécaniquement sur ces lacs contrairement à ce qui aurait pu être craint.

Un autre dispositif a été mis en œuvre en Ariège pour suivre l'impact des assecs liés à la maintenance des infrastructures hydroélectriques (en

collaboration avec l'association des naturalistes d'Ariège et Électricité de France). Là aussi, les résultats sont plutôt rassurants quant à la résistance des pieds d'isoètes alors que l'on craignait pour leur survie. Une publication est en préparation pour présenter ces résultats de façon précise et documenter ce genre de pratique courante dans les lacs hydroélectriques pyrénéens.

Le conservatoire s'investit aussi dans des actions concrètes d'amélioration de l'état de conservation des lacs de la montagne pyrénéenne. Ainsi, des premiers résultats partiels d'une opération d'amélioration de l'état de conservation d'une station de characées et de *Potamogeton natans* par enlèvement des déchets ont été présentés (opération en collaboration avec la fédération française d'études et de sports sous-marins). Ces résultats fournissent les premières références en termes de macrodéchets présents dans ces écosystèmes réputés plutôt préservés. Ainsi plus de 50 kg de déchets ont été extraits du Lac de Laurenti, entièrement nettoyé jusqu'à plus de dix mètres de profondeur, dont plus de 60 cm de fil de pêche au m<sup>2</sup> !

Enfin, une opération est en cours de montage pour tenter l'enlèvement d'*Elodea canadensis*, en collaboration avec l'Office français de la biodiversité et la réserve naturelle régionale de Montious, dans un lac à fort enjeu patrimonial pour la flore lacustre pyrénéenne. L'élodée est une espèce exotique envahissante très présente en



plaine mais dont les lacs de montagne sont encore plutôt préservés. L'idée est donc d'intervenir avant que le problème ne se généralise sur un des rares lacs où nous l'avons observée et où elle pourrait mettre en péril une station d'espèce patrimoniale. En l'absence d'état de l'art et dans des conditions d'intervention en altitude très complexes, le challenge est lancé. Nous documenterons notre expérience.

## 8. Et maintenant ?

Toutes ces actions fournissent petit à petit des références techniques permettant d'imaginer une généralisation de certaines actions conservatoires partout où elles sont pertinentes alors que les gestionnaires d'espaces protégés se saisissent de plus en plus de l'enjeu de conservation de la biodiversité fragile des lacs de montagne dans les Pyrénées.

D'une large méconnaissance de la flore aquatique il y a 10 ans à ces actions concrètes, un long chemin a été parcouru. Engagé avec ses multiples partenaires, en particulier dans le cadre du Groupement d'Intérêt Scientifique « Lacs des Pyrénées », le CBNPMP continue aujourd'hui d'œuvrer pour la préservation de cet écosystème sentinelle emblématique et fragile et a réuni autour d'un séminaire international en avril 2024 à Loudenvielle (65) plus de 100 participants. Une des restitutions de ces rencontres est l'esquisse de ce que pourrait être un large et ambitieux projet transfrontalier autour de cet

enjeu à l'horizon 2026. Espérons qu'un tel projet voit le jour et qu'il prolonge et consolide les efforts de tous pour la conservation de la biodiversité lacustre pyrénéenne.

## 9. Références Bibliographiques

Battarbee R.W., Thompson R., Catalan J., Grytnes J. & Birks H.J.B. 2002 - Climate variability and ecosystem dynamics of remote alpine and arctic lakes: The MOLAR project. *Journal of Paleolimnology* 28 (b): 1-6.

Catalan J., Pla S., Rieradevall M., Felip M., Ventura M., Buchaca T., Camarero L., Brancelj A., Appleby P.G., Lami A., Grytnes J.A., Agustí-Panareda A. & Thompson R. 2002(a) - Lake Redó ecosystem response to an increasing warming in the Pyrenees during the twentieth century. *Journal of Paleolimnology* 28 (1): 129-145.

Duris P. & Diaz E. 1986 - Petite histoire naturelle : Léon Dufour (1780-1865). Presses universitaires, Bordeaux, 150 p.

Gay J. 1861 - Une excursion botanique à l'Aubrac et au Mont Dore, principalement pour la recherche des Isoetes du plateau central de la France. *Bull. Soc. Bot. De Fr.* VIII: 542-547

Kernan M., Ventura M., Bitušik P., Brancelj A., Clarke G., Velle G., Raddum G.G., Stuchlík E. & Catalan J. 2009 - Regionalisation of remote European mountain lake ecosystems according to their biota: environmental versus geographical patterns. *Freshwater Biology* 54 (12): 2470-2493

Moser K.A., Baron J.S., Brahney J., Oleksy I.A., Saros J.E., Hundey E.J., Sadro S.A., Kopáček J., Sommaruga R., Kainz M.J., Strecker A.L., Chandra S., Walters D.M., Preston D.L., Michelutti N., Lepori F., Spaulding S.A., Christianson K.R., Melack J.M. & Smol J.P. 2019 - Mountain lakes: Eyes on global environmental change. *Global and Planetary Change* 178: 77–95.

Nivelet L., Arthaud F., Blanc F., Galop D., Goux N., Napoleoni R., Rollet S. & Prud'homme F. à paraître - Enjeux de conservation de la macrobiodiversité des lacs de montagne français : synthèse bibliographique. *Naturae*, soumis le 15/12/2023

Prud'homme F. & Durand B. 2018 - Première synthèse sur les characées des lacs des Pyrénées françaises. *Isatis* 18 : 249-268.

Prud'homme F., Durand B., Gire L. & Infante-Sanchez M. 2019 - Première synthèse sur la flore et les végétations des lacs des Pyrénées françaises. Actes del XII Colloquio Internacional de BotanicaPirenaica – Cantabrica - Girona - 3, 4 i 5 de juliol – 2019. p.237-264.

Prud'homme F., Blanc F., Goux N., Osorio V., Rollet S., Ventura M. & Jupille O. 2020 - Biodiversité des lacs des Pyrénées : améliorer les connaissances pour une gestion conservatoire. *Dynamiques environnementales, Journal international de géosciences et de l'environnement* (45): 35–55.

Ribaudo C., Anschutz P., Arthaud F., Bartout P., Bertrin V., Bourguetou G., Cabaret Y., Caill-Milly N., Cassou C., Douez O., Dupuy A., Dutartre A., Fournier L., Gilles-Bon A., Guibaud G., Hoffmann F., Jamoneau A., Labat F., Laplace-Treytore C., Legube B., Letreut H., Morin S., Prud'homme F., Pryet A., Quenault F., Soubeyroux J.-M., Taabni M., Thiébaud G., Tison-Rosebery J., Touchart L. & Zuazo A. 2021 - Les plans d'eau face aux changements climatiques. *AclimaTerra*, 56 p. (*Cahier Thématique* n°1).

Salve de S. 1865 - Une excursion dans le massif de Mont Liouis pour la recherche des Isoetes des Pyrénées orientales. *Bull. Soc. Bot. De Fr.* XII: XXVI-XXXIV