

# DIVERSITÉ D'ESPÈCES INATTENDUE DANS LES LACS PRÉALPINS

## PROJET LAC

Les grands lacs préalpins présentent une diversité exceptionnelle – et en partie méconnue jusqu'ici – d'espèces de poissons. Dans le Projet Lac, la faune piscicole de 35 lacs de la région alpine a été, pour la première fois, recensée de manière systématique. L'inventaire standardisé des communautés, la caractérisation et la détermination exacte de toutes les espèces, la connaissance de leur écologie et l'ancrage juridique de leur protection sont la clé de leur préservation à long terme.

*Ole Seehausen\*, Eawag, Fish Ecology and Evolution, Kastanienbaum; Aquatische Ökologie & Evolution, Universität Bern  
Timothy Alexander, Eawag, Fish Ecology and Evolution, Kastanienbaum  
Nicole Egloff; Pascal Vonlanthen, Aquabios GmbH*

## ZUSAMMENFASSUNG

### UNERWARTETE ARTENVIELFALT IN SEEN DES ALPENRAUMS

Die grossen und tiefen Seen des Alpenrandgebiets stellen Ökosysteme mit einer einzigartigen Fischartenvielfalt dar. Dies liegt einerseits an deren geografischen Lage, welche die Einzugsgebiete der vier Flüsse, Rhein, Rhone, Po und Donau, umfasst. Die verschiedenen Wiederbesiedlungsrouten aus diesen Einzugsgebieten führten zu Unterschieden in den Artengemeinschaften nördlich und südlich der Alpen sowie im westlichen und östlichen Mittel-land. Andererseits sind mit dem Rückzug der Gletscher neue tiefe Seen entstanden, in denen sich eine Vielzahl unterschiedlicher endemischer Arten ausbilden konnte. Für den grossen Artenreichtum trägt die Schweiz sowohl national als auch international eine hohe Verantwortung. Bisher war das Artenspektrum dieser Seen nie Gegenstand einer ausführlichen wissenschaftlichen Untersuchung. Mit dem *Projet Lac* konnte diese Lücke anhand einer umfassenden Bestandsaufnahme in Kombination mit einer detaillierten Art diagnose und einer genauen morphologischen und genetischen Artbestimmung geschlossen werden. Für 35 Alpenrandseen liegen nun belastbare Daten vor.

Die Ergebnisse sind erstaunlich: Insgesamt 106 Fischarten wurden dokumentiert, wovon fast die Hälfte als endemisch gilt und nur lokal vorkommt. Eine solch hohe Artenvielfalt konnte beobachtet

## INTRODUCTION

Dans beaucoup d'écosystèmes, la diversité biologique a une influence positive sur la productivité et la stabilité des services écosystémiques fournis aux humains [1, 2]. Les différentes espèces ont souvent des fonctions différentes. Leur diversité augmente donc l'efficacité avec laquelle la communauté d'espèces peut utiliser les ressources disponibles [3]. Par ailleurs, la multiplicité des espèces induit une redondance dans l'occupation des fonctions, ce qui accroît la stabilité des services écosystémiques comme, par exemple, les rendements de la pêche [4, 5].

Les grands lacs profonds et pauvres en nutriments du pourtour des Alpes constituent des écosystèmes exceptionnels en termes de biodiversité, et il incombe à la Suisse une responsabilité particulière pour les préserver. Ces lacs appartiennent à quatre bassins hydrographiques différents (ceux du Rhin, du Rhône, du Pô et du Danube). Malgré leur proximité géographique, ils abritent de ce fait des communautés piscicoles très différentes. Les lacs des bassins rhénan et rhodanien, notamment, sont particulièrement riches en espèces endémiques adaptées au froid (voir *encadrés 1 et 2*). En dépit de leur aire de répartition très limitée, beaucoup de ces espèces endémiques présentent des

\* Contact: [Ole.Seehausen@eawag.ch](mailto:Ole.Seehausen@eawag.ch)

(Titelbild: © M. Roggo)

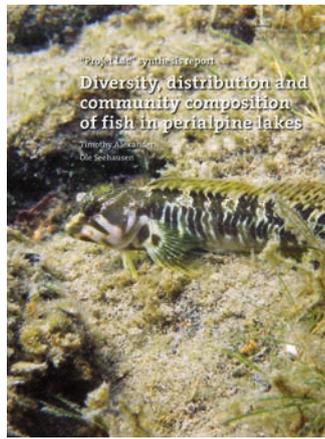
effectifs très élevés dans leur lac. Elles jouent donc un rôle majeur aussi bien pour la protection des espèces que pour le fonctionnement de l'écosystème et donc pour la pêche.

Malgré des siècles d'observations de la part des pêcheurs et des naturalistes, il n'avait pas encore été possible, jusqu'à présent, d'identifier et de décrire toutes les espèces de poissons des lacs préalpins car ces espèces se distinguent souvent très peu par leur apparence physique (phénotype). Grâce aux nouvelles méthodes de génétique, il est aujourd'hui possible de les différencier et d'attribuer à chaque individu le nom de l'espèce qui lui correspond. Par ailleurs, les grands lacs n'avaient jamais fait l'objet d'inventaires standardisés de leur faune piscicole avec une identification précise des espèces. Or sans connaissance exacte de la composition des communautés et de la distribution des espèces dans l'écosystème, il est difficile de prendre des mesures de gestion réellement adéquates.

Un recensement complet des peuplements pisciaires des lacs préalpins s'imposait donc. De même, il s'avérait nécessaire de comparer l'abondance relative et la distribution des espèces et leur densité dans les habitats d'un même lac et de différents lacs. Le *Projet Lac* est venu répondre à ces besoins en permettant, pour la première fois, de recenser avec des méthodes standardisées [6] la composition des communautés piscicoles ainsi que la fréquence et la distribution des espèces de poissons dans les lacs.

Dans l'ensemble, 35 lacs ont été étudiés au nord et au sud des Alpes. La plupart des poissons capturés ont été déterminés sur le terrain sur la base de leurs caractéristiques physiques puis ont été photographiés de manière standardisée et ont fait l'objet de prélèvements de tissus pour de futures analyses. Lorsque l'espèce ne pouvait être clairement identifiée à partir du phénotype, des analyses morphologiques voire génétiques ont été effectuées au laboratoire.

Le présent article (*article 1 sur Projet Lac*) expose certains résultats de ces études en mettant l'accent sur la diversité spécifique. Un deuxième article (*article 2 sur Projet Lac*) porte sur l'influence des conditions écologiques sur la composition des communautés piscicoles et la fréquence des espèces. Tous les résultats du projet sont présentés en détail dans le rapport scientifique:



Rapport de synthèse à télécharger sur: <https://www.eawag.ch/en/departement/fishec/projects/projet-lac-synthesis-report>

## BIODIVERSITÉ PISCICOLE ORIGINELLE

Le cortège originel d'espèces de poissons peuplant naturellement les différents lacs dépend d'une part des particularités locales comme la surface et la profondeur du lac (voir *article 2*) et d'autre part des vagues de recolonisation qui se sont produites au cours de l'histoire à partir des anciens refuges glaciaires.

Entre 2,5 millions d'années et 11 700 ans avant notre ère, l'espace alpin a été recouvert par les glaces à plusieurs reprises ([7]; *fig. 1*). La progression des glaciers a contraint la faune et la flore à se réfugier vers des zones dégagées de moindre altitude. Les espèces qui n'en furent pas capables disparurent [8].

Les grands lacs profonds du pourtour des Alpes sont apparus suite au recul des glaciers il y a environ 16 000 ans. Ceux du sud des Alpes ont été rapidement recolonisés par une multitude d'espèces de poissons venus du refuge adriatique [9, 10]. Au nord, les lacs préalpins ont été colonisés par des espèces venues de refuges situés dans les trois bassins rhénan, rhodanien et ponto-caspien (Danube) (*fig. 2*) [11, 12]. Le refuge ponto-caspien a alors été, et de loin, le plus grand pourvoyeur d'espèces. Les voies de migration étaient parfois très complexes étant donné qu'avec le retrait des glaciers, les bassins versants des cours d'eau se sont également modifiés. Pendant un certain temps, des connexions se sont ainsi créées entre les bassins hydrographiques et les poissons les ont empruntées pour passer d'un bassin à l'autre [13].

Du fait de ces différentes voies de recolonisation, les lacs ont développé des

## DÉFINITION «ESPÈCE ENDÉMIQUE»

Une espèce est dite endémique lorsqu'elle n'est présente que dans une zone géographique limitée comme par exemple un lac ou un ensemble de lacs voisins d'origine géographique commune. Ces espèces sont très importantes pour la préservation de la biodiversité car la perte d'une population locale entraîne souvent la disparition de l'espèce à l'échelle planétaire.

Encadré 1

## SPÉCIATION – NAISSANCE DES ESPÈCES

Beaucoup d'espèces ont mis très longtemps, souvent des millions d'années, à apparaître. Mais dans certaines circonstances, la spéciation, c'est-à-dire la naissance de nouvelles espèces, peut aussi être très rapide. Certains groupes taxonomiques ont la capacité de former de nouvelles espèces en à peine quelques millénaires. Pour que cela se produise, certaines conditions doivent être réunies. Tout d'abord, l'habitat doit être très diversifié pour qu'une spécialisation vis-à-vis de la nourriture ou des conditions écologiques puisse se produire. Ensuite, le groupe doit présenter une grande diversité génétique pour que de telles adaptations soient possibles. Enfin, les adaptations aux différents environnements doivent être telles que les poissons se reproduisent principalement entre eux au sein des différents habitats. Dans les lacs préalpins, deux groupes d'espèces ont connu une spéciation rapide particulièrement souvent: les corégones [7] et les ombles [20]. Ces deux groupes ont formé une multitude d'espèces endémiques en l'espace de 16 000 ans dans les grands lacs profonds (en particulier dans les lacs de Thoune/Brienz et le lac des Quatre-Cantons).

Encadré 2

communautés piscicoles très différentes selon leur localisation dans l'espace alpin. Dans le cadre du *Projet Lac*, 21 espèces indigènes ont ainsi été recensées, uniquement dans les lacs du sud des Alpes. Les seules espèces à avoir sans doute été naturellement présentes aussi bien au nord qu'au sud des Alpes sont l'anguille, la tanche, la lotte et la perche. Les corégones et les ombles ne sont naturellement présents que dans les lacs du bassin rhénan et du bassin ponto-caspien ainsi que dans la partie supérieure du bassin rhodanien.

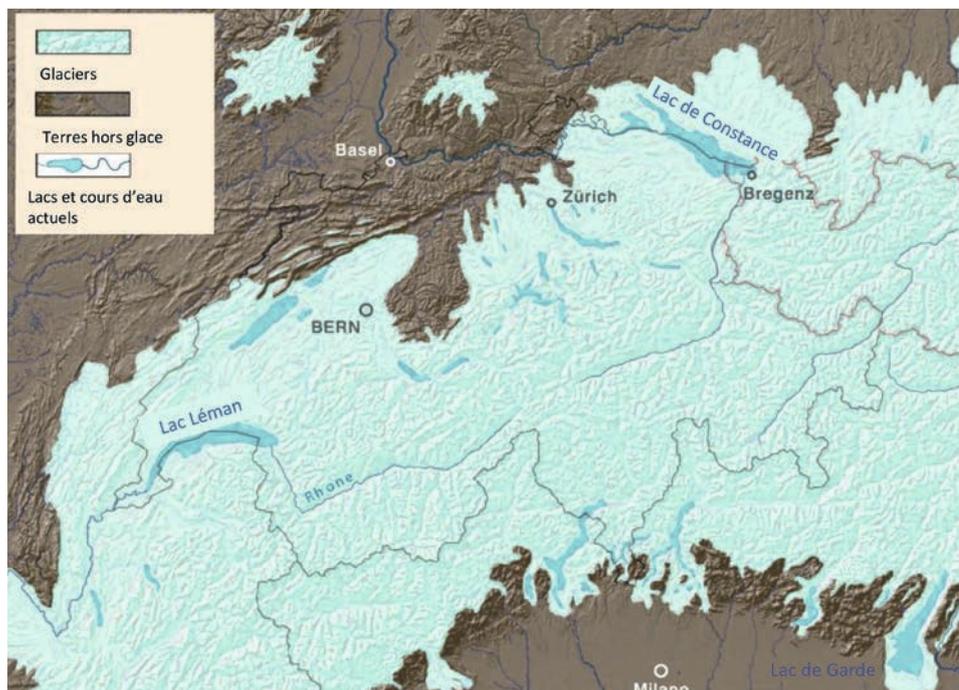


Fig. 1 Reconstitution de l'extension des glaces à l'apogée de la dernière période glaciaire, il y a 26 000–20 000 ans. Tous les grands lacs actuels étaient recouverts par des glaciers.  
D'après une publication de l'office autrichien de la géologie (Geologische Bundesanstalt (Hrsg.) (2013): Der Alpenraum zum Höhepunkt der letzten Eistzeit – Posterkarte. Geologische Bundesanstalt, Wien).

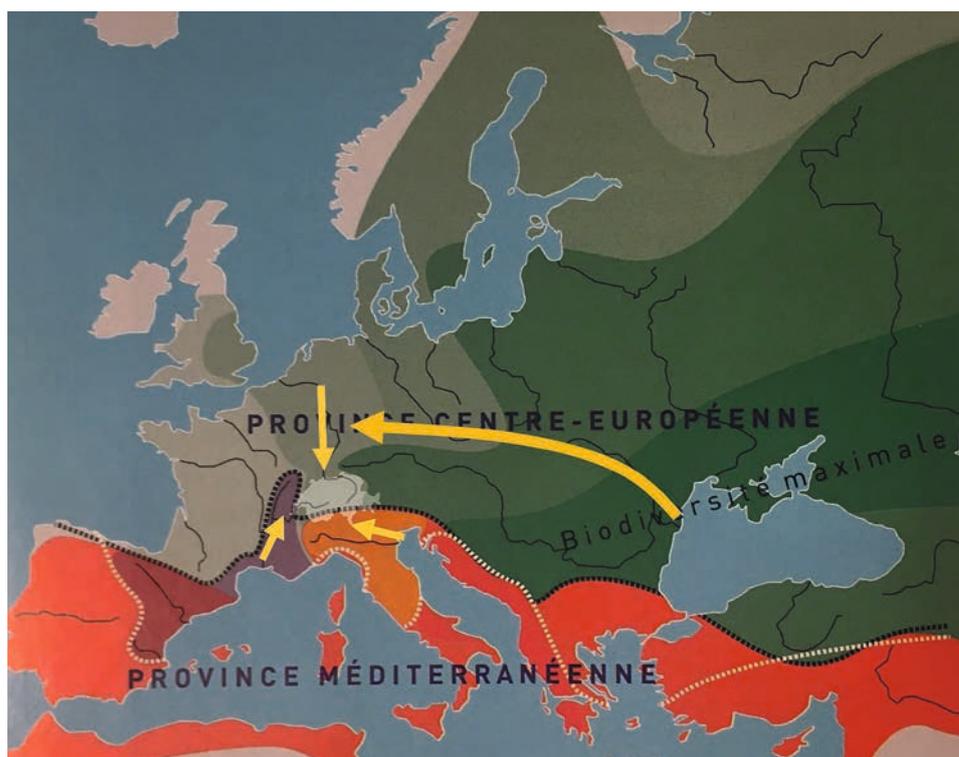


Fig. 2 Recolonisation à partir des refuges glaciaires (d'après Keith et al. 2020, modifié).

### BIODIVERSITÉ PISCICOLE ACTUELLE

Nos résultats montrent que la composition de la communauté piscicole des lacs est le reflet des colonisations à partir des différents refuges glaciaires; les plus

fortes similitudes s'observent entre lacs d'un même bassin hydrographique. Dans les 35 lacs étudiés, 106 espèces ont été recensées, dont 95 indigènes. Seize espèces indigènes dont la présence avait déjà été attestée dans la région étudiée n'ont pas pu être observées dans le *Projet*

*Lac*. Neuf d'entre elles sont considérées comme éteintes en Suisse, notamment le saumon, le huchon et la grande alose [14]. Les sept autres sont rares et, pour certaines, absentes des lacs car préfèrent les cours d'eau, comme le barbeau canin ou l'apron.

La famille des saumons (salmonidés) rassemble le plus grand nombre d'espèces indigènes (44 espèces), suivie par celle des carpes (cyprinidés, 27 espèces). En ce qui concerne la richesse en espèces, le rapport entre ces deux familles est donc inversé en Suisse par rapport à l'ensemble de l'Europe où l'on recense 236 espèces de cyprinidés et 98 espèces de salmonidés [15].

### DES ESPÈCES ENDÉMIQUES TRÈS PARTICULIÈRES

Au total, 41 espèces endémiques ont été recensées qui ne vivent que dans un seul lac ou dans des systèmes lacustres de même origine géologique. Cela représente une concentration d'endémiques exceptionnelle pour l'Europe centrale [16]. Chez les corégones et les ombles, en particulier, des espèces différentes se sont développées localement dans les lacs profonds après les dernières glaciations. Un nombre particulièrement élevé d'espèces endémiques a été observé dans les grands lacs du bassin rhénan alors que les bassins du Rhône et du Pô en présentaient assez peu.

La forte proportion d'endémiques se traduit par des communautés piscicoles différentes les unes des autres et uniques en leur genre. Pour quantifier ce phénomène, un indice d'unicité a été calculé pour chaque lac (voir [17] pour la méthode de calcul). Plus un lac abrite d'espèces endémiques, plus son indice est élevé (fig. 3) et plus sa communauté piscicole est unique en son genre et donc précieuse pour la protection de la nature.

Le lac de Thoue présente le plus fort indice d'unicité, suivi par celui des Quatre-Cantons puis par l'Obersee du lac de Constance. La proportion particulièrement élevée d'espèces endémiques de corégones, d'ombles et/ou de chabots dans ces lacs explique cette singularité. C'est ainsi au lac de Thoue que le nombre d'endémiques le plus élevé a été enregistré. Les douze espèces endémiques recensées comprenaient (selon l'état actuel de nos connaissances) six corégones, cinq ombles et un chabot des fonds lacustres (fig. 4).

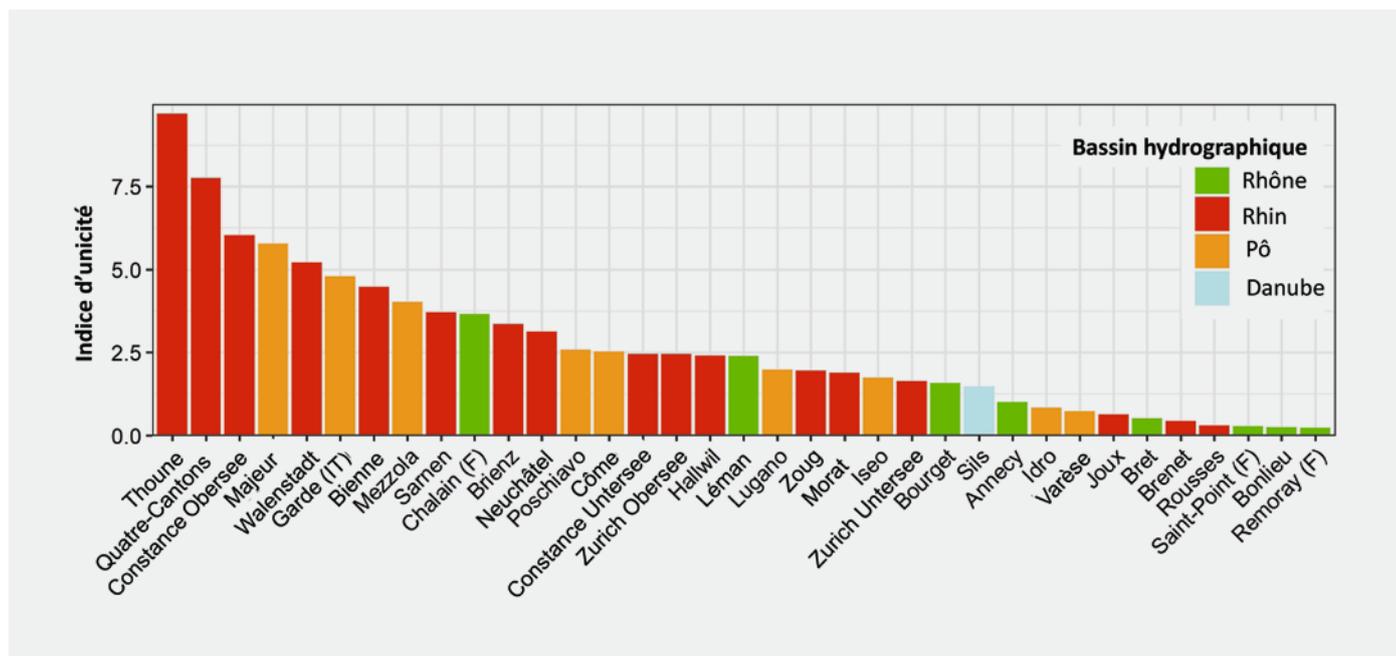


Fig. 3 Singularité de la communauté piscicole dans les différents lacs et bassins hydrographiques. Plus un lac abrite d'espèces endémiques plus son indice d'unicité est élevé.

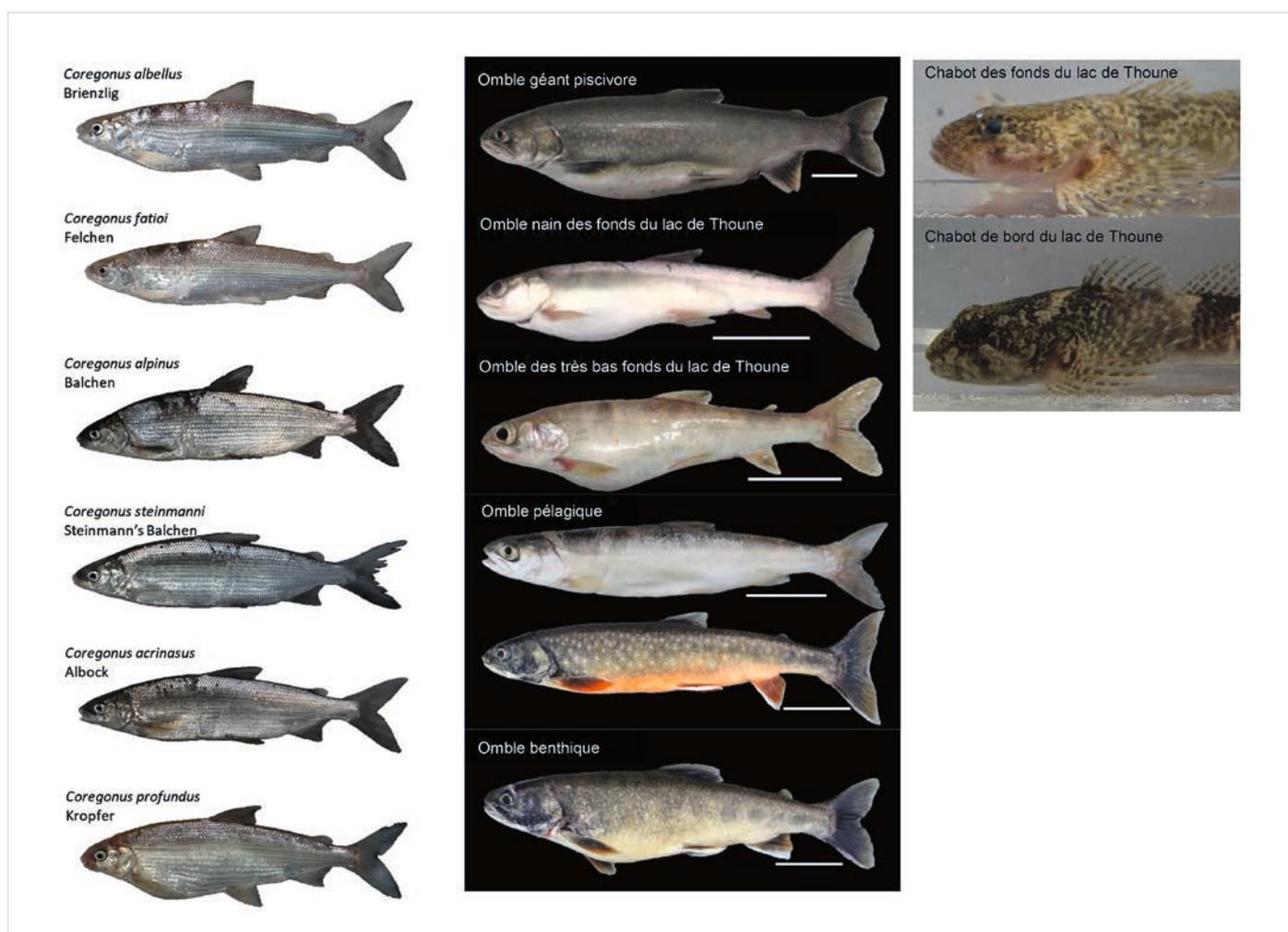


Fig. 4 Diversité d'espèces endémiques du lac de Thoun regroupant six corégones, cinq ombles et un chabot des fonds lacustres. Les ombles des différentes espèces n'arbovent leurs couleurs caractéristiques qu'en période nuptiale. Ce phénomène est illustré ici par deux photos d'un omble pélagique en phase de repos et en phase de reproduction. On ignore encore aujourd'hui si les deux espèces d'ombles des fonds lacustres développent elles aussi une livrée nuptiale. (© Corégones: O. Selz; ombles: C. Doenz)

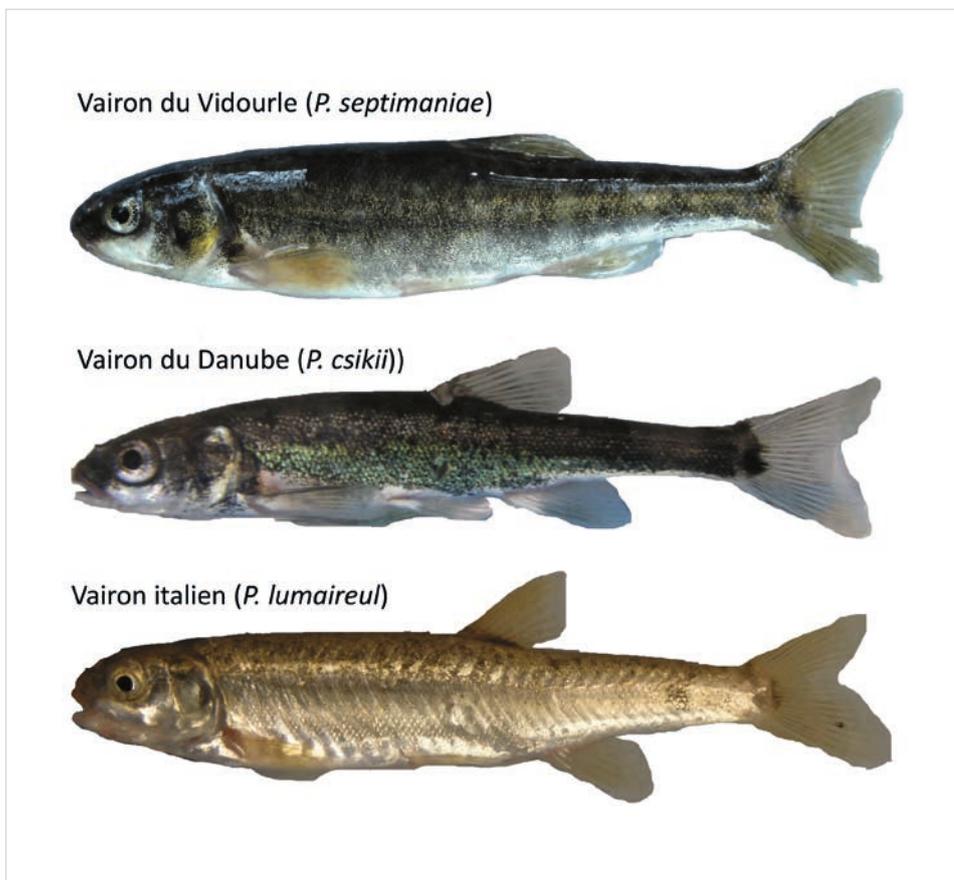


Fig. 5 La présence du vairon du Vidourle (en haut), de la forme occidentale du vairon ponto-caspien (au milieu) et du vairon italien (en bas) a été attestée par des analyses génétiques à l'ouest et au centre de l'espace alpin et préalpin.

## UNE DIVERSITÉ D'ESPÈCES INATTENDUE

### PLUSIEURS ESPÈCES DE VAIRONS EN SUISSE

Le *Projet Lac* a également permis de recenser des espèces dont la présence n'avait encore jamais été soupçonnée dans la zone géographique étudiée. Chez les vairons, on pensait ainsi jusqu'en 2017 que deux espèces étaient présentes en Suisse dans le pourtour des Alpes: le vairon commun (*Phoxinus phoxinus*) au nord et le vairon italien (*P. lumaireul*) au sud. Or les nouvelles analyses génétiques ont révélé qu'aucun des échantillons de vairon prélevés en Suisse ou dans les régions limitrophes ne correspondait à *P. phoxinus*. Parmi les échantillons prélevés dans le Tessin, un correspondait bien à *P. lumaireul* mais tous les autres appartenaient à deux espèces non indigènes. Quelques échantillons du Léman et tous ceux du lac de Chalain correspondaient au vairon du Vidourle (*P. septimaniae*), une espèce que l'on croyait limitée à la partie méridionale du bassin du Rhône. Les lacs du bassin rhénan et le lac de Sils (bassin du Danube) abritaient prin-

cipalement l'espèce ponto-caspienne *P. csikii* mais le vairon du Vidourle y était également présent de façon sporadique et, curieusement, il était prédominant dans

tous les cours d'eau du bassin de l'Aar en aval des lacs.

Chez le vairon ponto-caspien, deux lignées génétiques différentes ont été identifiées, l'une occupant les lacs du système Aar-Reuss-Limmat, l'autre ceux de Sils et de Poschiavo et les cours d'eau de l'est de la Suisse. Une diversité d'espèces tout aussi méconnue a également été dévoilée dans plusieurs autres groupes d'espèces (voir *Rapport de synthèse*).

Les différentes espèces de vairons se ressemblent beaucoup physiquement et ne se distinguent que par de petites différences de morphologie et de coloration (fig. 5). Pour l'heure, seules les analyses génétiques permettent de les distinguer correctement. Les vairons servent de poissons d'appât pour la pêche et sont très appréciés pour agrémenter de leurs couleurs étangs et aquariums. Ils sont ainsi disponibles dans le commerce où leur origine est aussi variée que généralement inconnue. Les poissons surnuméraires ou devenus indésirables sont souvent relâchés dans la nature. Il se peut alors que certaines espèces de vairons s'implantent hors de leur aire de répartition naturelle sans que cela ne soit remarqué, ce qui pourrait expliquer la vaste distribution de certaines d'entre elles.

### ESPÈCES REDÉCOUVERTES

Les études ont permis de retrouver deux espèces endémiques que l'on croyait disparues: l'omble des fonds du lac de



Fig. 6 Perches fluviales à nageoires jaunes et à nageoires rouges [19].

Constance (*Salvelinus profundus*, «Tiefsee-saibling») et l'omble nain des fonds du lac des Quatre-Cantons (*Salvelinus* sp. «Profundal-dwarf VWS») [18]. Par ailleurs, la coloration nuptiale de l'omble des fonds du lac de Constance a pu être observée pour la première fois. Dans beaucoup d'autres cas, la disparition des espèces, surtout endémiques, a malheureusement été confirmée.

#### DIVERSITÉ SOUS-ESTIMÉE MÊME CHEZ LES POISSONS COMMUNS: LE CAS DE LA PERCHE

Une diversité d'espèces inattendue a également été observée dans différents groupes. Ainsi, dans une grande partie de l'Europe, la perche fluviatile se reconnaît à ses nageoires rouges et aux quatre à six stries verticales en forme de V qui ornent ses flancs. Or dans les lacs étudiés, les perches présentaient de fortes variations dans la couleur des nageoires ainsi que dans la forme et le nombre des stries. Tous les lacs abritaient des perches à nageoires rouges. Mais tandis qu'elles étaient prédominantes dans les lacs préalpins du sud et dans les petits lacs des deux côtés des Alpes, elles étaient rares dans les grands lacs préalpins du nord où les perches à nageoires jaunes et à stries fines et abondantes prédominaient (fig. 6).

Les deux formes de perche ont été étudiées dans de nombreux lacs aussi bien sur le plan morphologique qu'écologique et des différences ont été constatées dans différents plans d'eau [17]. Jusqu'à présent, des analyses génétiques n'ont été effectuées que sur des individus du lac de Constance. Elle attestent de différences génétiques significatives entre les perches à nageoires jaunes et à nageoires rouges [20].

#### ERREURS DE DÉTERMINATION ET INTRODUCTIONS PASSÉES INAPERÇUES

Jusqu'à présent, deux espèces de loches étaient considérées comme indigènes en Suisse: l'espèce italienne (*Cobitis bilineata*) dans le bassin du Pô et l'espèce septentrionale (*C. taenia*) au nord des Alpes (fig. 7). De ce fait, toutes les loches pêchées au nord des Alpes étaient attribuées à la seconde. Curieusement, toutes les loches capturées (au nord et au sud des Alpes) dans le Projet Lac ressemblaient physiquement à l'espèce italienne, à l'exception d'un exemplaire du



Fig. 7 Photo du haut: Loche italienne (*C. bilineata*) du lac de Neuchâtel autrefois qualifiée de *C. taenia* par erreur. Photo du bas: une *C. taenia* de l'Yonne, en Franc (bassin de la Seine), où cette espèce est naturellement présente. (©Guy Périat)

lac de Biemme qui ne pouvait être rattaché à aucune des deux espèces. Les analyses génétiques ont confirmé qu'il s'agissait sans exception de la loche italienne. Il s'avère ainsi que l'espèce septentrionale

n'a pu être détectée dans aucun des lacs et cours d'eau suisses étudiés. De même, les spécimens de loches du lac de Biemme datant des années 1930 conservés dans des musées se sont avérés appartenir à

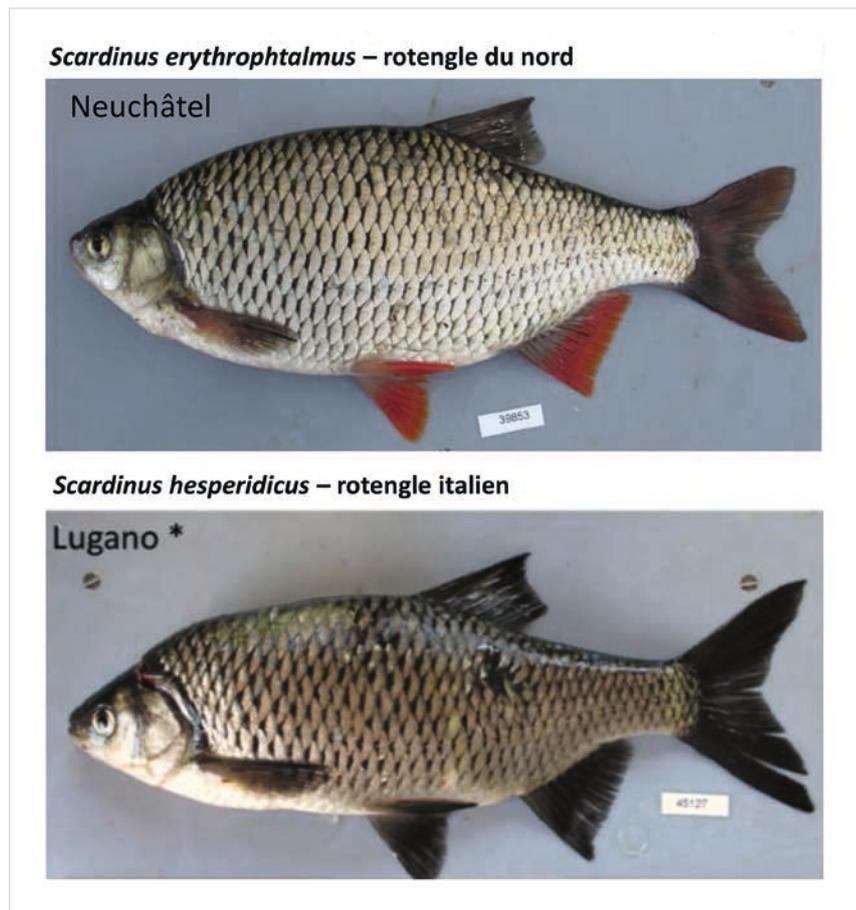


Fig. 8 Rotengle du nord issu du lac de Neuchâtel (en haut) et rotengle italien issu du lac de Lugano (en bas)..

l'espèce italienne, ce qui indique qu'une erreur de détermination s'est probablement produite par le passé.

Chez le rotengle également, des erreurs de détermination ont conduit à des descriptions erronées de la faune. Au stade adulte, le rotengle (*Scardinius erythrophthalmus*) se distingue aisément de son congénère italien (*S. hesperidicus*, *scardola italiana*) par ses nageoires rouges et non pas noires. Chez les juvéniles, la détermination est beaucoup plus difficile car les jeunes rotengles italiens présentent également des nageoires rouge orangé. L'aire de répartition originelle de l'espèce italienne se situe dans le bassin du Pô et comprend le Tessin tandis que le rotengle est commun en Europe au nord, à l'est et à l'ouest des Alpes [16]. Dans le Projet Lac, le rotengle a effectivement été détecté dans la quasi-totalité des lacs du versant nord tandis que l'espèce italienne était observée dans tous les lacs du sud (fig. 8). Fait plus surprenant, *S. hesperidicus* a également été capturé dans 12 lacs du nord des Alpes ainsi que dans le lac de Sils. Dans la plupart des cas, il était possible de distinguer les deux espèces au vu de la coloration et de la morphologie et cette détermination était confirmée par les analyses génétiques. Dans certains lacs, cependant, le phénotype ne correspondait pas toujours au génotype, ce qui suggère qu'une hybridation des deux espèces s'y est produite. La présence de l'espèce italienne

dans les lacs du nord est probablement due à une introduction involontaire d'origine anthropique.

### ESPÈCES EXOTIQUES OU ÉTRANGÈRES À LA RÉGION

Aujourd'hui, les espèces introduites, étrangères ou exotiques représentent déjà plus de 20% des espèces de poissons présentes en Suisse. Dans le lac Majeur, en particulier, qui compte déjà 14 espèces exotiques pour 22 indigènes, l'éviction des espèces autochtones est un risque réel suite aux interactions écologiques et/ou aux phénomènes d'hybridation.

Le cas du gardon dans les lacs italo-suisse illustre bien l'impact de l'hybridation des espèces indigènes et introduites. Trois espèces de gardons ont été recensées en Suisse: le gardon (*Rutilus rutilus*) dans les bassins du Rhin, du Rhône et du Danube d'une part, le triotto (*R. aula*) et le pigo (*R. pigus*) dans le bassin du Pô d'autre part (fig. 9). Les données du Projet Lac confirment le recul dramatique du pigo et du triotto dans les lacs italo-suisse ainsi que d'une prolifération du gardon dans ces mêmes lacs. Le pigo et le triotto sont aujourd'hui très rares dans le lac Lugano et dans le lac Majeur. Dans ce dernier, des poissons identifiés comme des pigos à partir des caractères morphologiques se sont, d'autre part, avérés être des triottos sur le plan génétique. De même, des gardons du nord présentant des gènes de pigo

ont été découverts dans le lac de Lugano. Ces résultats prouvent que l'invasion de ces lacs par le gardon du nord a conduit à des hybridations et des croisements avec les deux espèces indigènes. Suite à la prédominance du gardon introduit, il est à craindre que les derniers peuplements de pigo et de triotto aillent se fondre génétiquement dans l'espèce septentrionale. Dans les lacs abritant le gardon du nord, seules les analyses génétiques permettent aujourd'hui de distinguer les espèces des hybrides.

### CONCLUSIONS

Comparés au reste de l'Europe, les lacs préalpins présentent une faune piscicole très diversifiée de composition très particulière. La richesse en espèces endémiques adaptées au froid, qui vivent majoritairement dans les fonds et la zone pélagique des lacs, y est exceptionnelle. La coexistence de ces espèces d'eau froide avec une multitude d'espèces appréciant la chaleur fait de ces lacs des milieux uniques. Reliques de l'époque glaciaire, les espèces d'eau froide ont survécu dans les grands lacs profonds et ont créé de nouvelles espèces. Ces lacs sont par ailleurs proches des refuges glaciaires méridionaux, de sorte qu'ils ont également été colonisés par une multitude d'espèces appréciant la chaleur qui occupent aujourd'hui les zones peu profondes qui se réchauffent fortement l'été.

Grâce à l'inventaire standardisé des peuplements pisciaires de tous les habitats et de toutes les profondeurs combiné à des analyses morphologiques et génétiques détaillées, le *Projet Lac* a permis, pour la première fois, d'appréhender et de représenter la biodiversité réelle des lacs. Les études ont mis à jour de nombreuses espèces inattendues, dont certaines étaient jusqu'alors inconnues des scientifiques. D'autres étaient réputées disparues ou n'avaient jamais été détectées en Suisse. De même, certaines espèces ont été découvertes au nord des Alpes alors que leur présence n'était jusqu'alors attestée qu'au sud.

Mais nos connaissances sur la diversité des espèces de poissons présentes dans les lacs Suisses doivent encore être approfondies et devront, à l'avenir, être régulièrement actualisées. Nous devons mieux comprendre la taxonomie, la distribution, l'écologie, l'évolution des espèces ainsi que leurs différences génétiques,

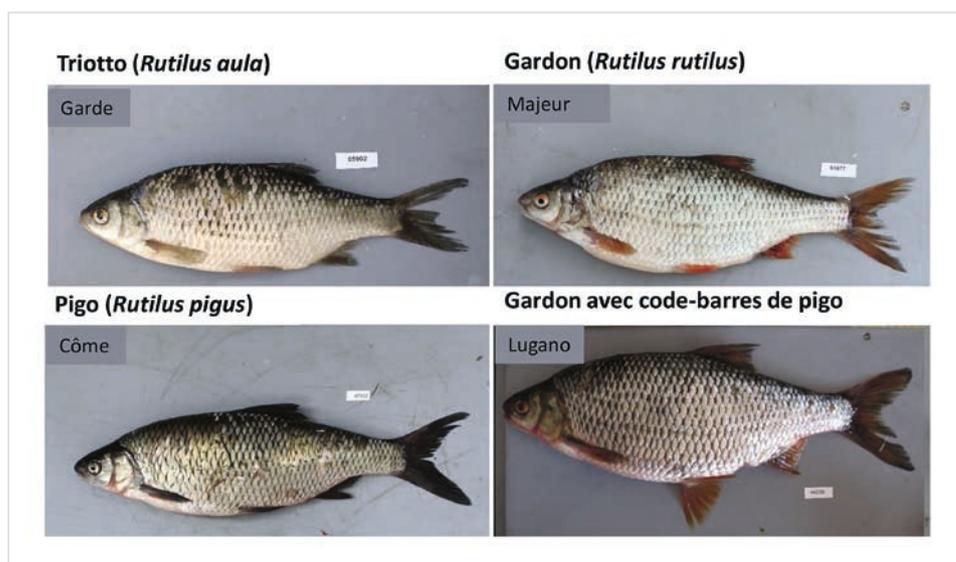


Fig. 9 Le triotto (en haut, à gauche) et le pigo (en bas, à gauche) sont indigènes dans les lacs du versant sud des Alpes. Le gardon (en haut, à droite) est indigène au nord des Alpes et a été introduit au sud où il est devenu envahissant. Les espèces en présence se sont alors hybridées, si bien que l'on rencontre aujourd'hui des poissons qui présentent le phénotype du gardon et le code-barres génétique du pigo ou du triotto (en bas, à droite, gardon à code-barres de pigo).

phénotypiques et écologiques. Car seul ce savoir peut garantir une gestion durable des espèces et une préservation de la biodiversité. Beaucoup trop d'espèces piscicoles ont déjà disparu au cours des 150 dernières années [21].

### RECOMMANDATIONS POUR LA PRÉSERVATION DE LA BIODIVERSITÉ

Différentes recommandations peuvent être formulées pour la protection et la bonne gestion de ces communautés piscicoles exceptionnelles:

- Pour assurer une bonne identification des espèces, il est nécessaire d'entretenir les connaissances taxonomiques existantes, de les approfondir si nécessaire et d'encourager leur acquisition. Il convient par ailleurs de développer l'usage combiné d'analyses génétiques et d'études morphologiques. Seule une telle approche permettra de recenser correctement la diversité spécifique.
- La gestion halieutique des milieux aquatiques ne doit pas être une menace pour la biodiversité autochtone. Il convient encore et toujours d'éviter l'introduction d'espèces étrangères au milieu. Les règles énoncées pour la pêche et les repeuplements piscicoles doivent garantir la protection des espèces endémiques, rares ou menacées. En particulier, la reproduction artificielle d'espèces non clairement identifiables et le repeuplement avec ces individus sont à considérer d'un œil critique d'un point de vue de la conservation des espèces. Dans les écosystèmes permettant la reproduction naturelle des poissons et abritant de nombreuses espèces endémiques, il convient de renoncer à la pratique du repeuplement piscicole.
- Le commerce de poissons d'appât et de poissons d'ornement pour étangs et aquariums doit être mieux contrôlé, de même que leur origine et leur utilisation, et la réglementation en vigueur doit être mieux respectée. Les pêcheurs et aquariophiles doivent être sensibilisés aux conséquences du lâcher de tels poissons dans la nature.
- La biodiversité exceptionnelle de nos lacs est encore trop mal protégée. Une seule des espèces endémiques de Suisse (le Tiefseesaibling du lac de Constance) bénéficie aujourd'hui du statut d'espèce prioritaire au niveau national [22]. D'autres espèces endémiques devraient également bénéficier de ce statut de protection.

- Les lacs riches en espèces endémiques ne bénéficient pas aujourd'hui d'une protection particulière. Une trop faible importance est ainsi accordée à la protection de ces écosystèmes en tant qu'habitat d'espèces endémiques. Les points chauds de la biodiversité piscicole doivent être mieux protégés.
- On connaît encore trop peu les exigences écologiques (en termes d'habitat, de zones de reproduction, d'alimentation, etc.) et la distribution de beaucoup d'espèces, en particulier de celles qui n'intéressent pas la pêche et qui sont difficilement identifiables. Ces lacunes doivent être comblées si l'on souhaite protéger efficacement toute la biodiversité.

### BIBLIOGRAPHIE

- [1] Hooper, D. et al. (2005): Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. *Ecological Monographs* 75: 3–35
- [2] Cardinale, B.J. et al. (2012): Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature* 486: 59–67
- [3] Alexander, T.J. et al. (2017): Does eutrophication-driven evolution change aquatic ecosystems? *Phil. Trans. R. Soc. B* 372: 1–10. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2016.0041>
- [4] Schindler, D.E. et al. (2010): Population diversity and the portfolio effect in an exploited species. *Nature* 465: 609–612
- [5] McCann, K.S. (2000): The diversity–stability debate. *Nature*: 405: 28–233
- [6] Vonlanthen, P.; Périat, G. (2021): Méthode pour l'inventaire standardisé des peuplements pisciaires des plans d'eau en Suisse. Cordast: Aquabios GmbH, Teleos Suisse sàrl
- [7] Holmlund, C.M.; Hammer, M. (1999): Ecosystem services generated by fish populations. *Ecological Economics* 29: 253–268
- [8] Hudson, A. G. et al. (2007): Review: The geography of speciation and adaptive radiation in coregonines. *Arch. Hydrobiol. Spec. Issues Advanc. Limnol.* 60: 111–146
- [9] Bernatchez, L. (2001): The evolutionary history of brown trout (*Salmo trutta* L.) Inferred from phylogeographic, nested clade, and mismatch analyses of mitochondrial DNA variation. *Evolution* 55: 351–379
- [10] Durand, J.D.; Persat, H.; Bouvet, J. (1999): Phylogeography and postglacial dispersion of the chub (*Leuciscus cephalus*) in Europe. *Molecular Ecology* 8: 989–997
- [11] Palandacic, A. et al. (2017): Contrasting morphology with molecular data: an approach to revision of species complexes based on the example of European Phoxinus (Cyprinidae). *BMC Evolutionary Biology* 17: 184. DOI: 10.1186/s12862-017-1032-x
- [12] Nesbø, C.L. et al. (1999): Genetic divergence and

phylogeographic relationships among European perch (*Perca fluviatilis*) populations reflect glacial refugia and postglacial colonization. *Molecular Ecology* 8: 1387–1404

- [13] Vonlanthen, P. et al. (2007): Genetic analysis of potential postglacial watershed crossings in central Europe by the bullhead (*Cottus gobio* L.). *Molecular Ecology* 16: 4572–4584
- [14] Zaugg, B. (2021): Liste rouge Poissons et Cyclostomes. Espèces menacées en Suisse. L'environnement pratique. Bern, Neuchâtel: Office fédéral de l'environnement, Info fauna
- [15] Freyhof, J.; Brooks, E. (2011): European Red List of Freshwater Fishes. Luxembourg
- [16] Kottelat, M., J. Freyhof, J. (2007): Handbook of European Freshwater Fishes. Cornol, Switzerland: Publications Kottelat
- [17] Alexander, T.; Seehausen, O. (2021): Diversity, distribution and community composition of fish in

### > FORTSETZUNG DER ZUSAMMENFASSUNG

werden, obwohl mehrere endemische Arten bereits ausgestorben sind. Die Seen des Rheineinzugsgebiets weisen die höchste Zahl endemischer Arten auf, was auf die hohe Artenvielfalt bei den Felchen und Seesaiblingen zurückzuführen ist. Überraschend war die Entdeckung mehrerer bisher unbekannter Arten. Diese neuen Erkenntnisse waren oft nur dem Umstand zu verdanken, dass die Artbestimmung durch genetische Untersuchungen zuverlässig erfolgen konnte. Die richtige Identifikation von Fischarten ist bei gewissen Artengruppen sehr schwierig, wenn allein morphologische Kriterien angewendet werden, da das Erscheinungsbild oftmals sehr ähnlich ist. Werden Arten nicht erkannt, kann dies zu unbemerktem Artensterben oder zu unerwünschten Faunenverfälschungen führen: Wenn von zwei – vom äusseren Erscheinungsbild ähnlichen Arten – die eine ausstirbt, kann dies unbemerkt bleiben, bzw. wenn vermeintlich «heimische» – in Wahrheit aber fremde – Arten in neue Gebiete verschleppt werden. Um die Seeökosysteme mit ihrer einzigartigen Fischartenvielfalt nutzen und schützen zu können, ist deshalb eine zuverlässige Erfassung und Beschreibung von Fischgemeinschaften auf Grundlage taxonomischer, ökologischer und genetischer Informationen unabdingbar.

- perialpine lakes – «Projet Lac» synthesis report. Kastanienbaum: Eawag: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology
- [18] Doenz, C.; Seehausen, O. (2020): Rediscovery of a presumed extinct species, *Salvelinus profundus*, after re-oligotrophication. Kastanienbaum: Department of Fish Ecology & Evolution, Centre for Ecology, Evolution and Biogeochemistry, Eawag
- [19] Pulver, J. (2014): Density-dependent ecological and morphological differentiation in pre-alpine perch (*Perca fluviatilis*) populations. Bern: Institute of Ecology and Evolution, University of Bern
- [20] Roch, S. et al. (2015): Genetically distinct colour morphs of European perch *Perca fluviatilis* in Lake Constance differ in susceptibility to macroparasites. *Journal of Fish Biology* 86(2): 854–863
- [21] Vonlanthen, P. et al. (2012): Anthropogenic eutrophication drives extinction by speciation reversal in adaptive radiations. *Nature* 482: 375–362
- [22] OFEV (2019): Liste des espèces et des milieux prioritaires au niveau national. Espèces et milieux prioritaires pour la conservation en Suisse. Office fédéral de l'environnement, Berne. *L'environnement pratique* n° UV-1709-F: 98 p.