



HAL
open science

Réhabilitation des salmonidés des lacs péri-alpins

Hervé Rogissart, Chloé Goulon, Jean Guillard

► **To cite this version:**

Hervé Rogissart, Chloé Goulon, Jean Guillard. Réhabilitation des salmonidés des lacs péri-alpins : Pacage lacustre. Une recherche participative impliquant des scientifiques et des pêcheurs.. INRAE. 2023, pp.35. hal-03918344

HAL Id: hal-03918344

<https://hal.inrae.fr/hal-03918344>

Submitted on 10 May 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - ShareAlike 4.0 International License



> **Réhabilitation des salmonidés des lacs péri-alpins : Pacage lacustre**

Une Recherche participative impliquant les scientifiques et les pêcheurs



2023

Hervé Rogissart

Chloé Goulon

Jean Guillard

HAL-03918344

Etude de cas du département AQUA réalisée selon la méthode ASIRPA (Analyse de l'impact sociétal de la recherche) mise au point par INRAE.

Résumé

Les lacs de la région Auvergne-Rhône-Alpes représentent des enjeux sociétaux en termes de tourisme, de patrimoine, à la fois au niveau régional mais aussi au niveau national, étant les plus grandes étendues d'eau douce de France. Ces lacs fournissent de nombreux services écosystémiques comme la ressource en eau, le tourisme, la biodiversité et la pêche. Les lacs péri-alpins disposent d'un important potentiel halieutique constituant une ressource renouvelable exploitée depuis longtemps par la pêche professionnelle et de loisir.

Au cours des années 1960-80, la dégradation des écosystèmes lacustres s'est accentuée par des pressions anthropiques importantes (croissance démographique, développement industriel et agricole) entraînant une eutrophisation des eaux. L'eutrophisation est un processus d'enrichissement de l'eau en éléments nutritifs, en particulier le phosphore, conduisant à une forte croissance des algues. Ces proliférations algales puis leur décomposition, entraînent une sédimentation accrue au niveau des frayères, la diminution des concentrations en oxygène dissous, impactant la survie des œufs et donc le recrutement naturel des salmonidés lacustres, l'omble chevalier (*Salvelinus alpinus*, L.) et le corégone (*Coregonus spp.*, L.). Ces facteurs limitants ont eu pour conséquence le déclin des populations de ces deux espèces emblématiques des lacs péri-alpins et une chute drastique des captures causant de grandes pertes économiques sur l'ensemble de la chaîne d'exploitation halieutique.

Dès 1983, la Station d'Hydrobiologie Lacustre de Thonon-les-Bains (INRA - Institut National de la Recherche Agronomique), les pêcheurs et les services de l'État ont développé un programme de recherche appliquée portant sur l'amélioration et l'optimisation des repeuplements de salmonidés nommé le « package lacustre » qui s'est conduit en parallèle avec la restauration de la qualité des eaux des lacs. Ce projet de gestion halieutique vise à effectuer des déversements de juvéniles de manière contrôlée et optimisée afin de contrebalancer le faible recrutement des juvéniles dans le milieu naturel. L'effort de recherche de l'INRA et les collaborations entre les partenaires, en mode participatif, ont permis d'apporter un bon diagnostic et la maîtrise de l'élevage du corégone et de l'omble chevalier, contribuant à leur réhabilitation, le maintien de leur population dans les lacs péri-alpins et l'activité de pêche.

Problématiques sociétales initiales et contexte externe initial

Les grands lacs de la région Auvergne-Rhône-Alpes représentent des enjeux sociétaux en termes de tourisme, de patrimoine, à la fois au niveau régional mais aussi au niveau national étant les plus grandes étendues d'eau douce de France. Ces lacs fournissent de nombreux services écosystémiques comme la ressource en eau (environ 3.6 et 89 milliards de m³ d'eau pour le lac du Bourget et le Léman, respectivement, ce qui représente pour ce dernier un approvisionnement pour plus de 900 000 personnes), la pêche (professionnelle et amateur), le tourisme (restauration, culture, aménité) et la biodiversité (Baulaz, 2020). Les grands lac péri-alpins abritent des espèces de poissons qui constituent une ressource exploitée depuis longtemps par la pêche professionnelle et amateur, offrant ainsi à ces lacs un potentiel halieutique important. Le lac du Bourget et le Léman sont les plus grands lacs de la région avec respectivement une surface de 4450 ha et 58240 ha. Leurs communautés piscicoles sont similaires et composées principalement de percidés, cyprinidés, ésofidés et salmonidés. Les salmonidés, notamment la truite commune (*Salmo trutta*, Linnaeus, 1758), l'omble chevalier (*Salvelinus alpinus*, L.) et le corégone (*Coregonus spp.*, L.), bénéficient d'une attention particulière et d'un suivi scientifique sur le long terme car ce sont des espèces patrimoniales, endémiques, à haute valeur économique, traditionnellement exploitées par la pêche professionnelle et de loisir mais très sensibles à la dégradation de la qualité du milieu.

A partir des années **1950**, la dégradation des écosystèmes lacustres s'est accentuée, due à l'augmentation des pressions anthropiques via la croissance démographique, touristique et au développement industriel et agricole. Le Léman et le lac du Bourget ont subi une période d'eutrophisation (processus d'enrichissement de l'eau en éléments nutritifs, principalement en phosphore) conduisant à une forte croissance des plantes et algues (Hutchinson, 1973 ; Barroin, 2003) qui a conduit à des conditions d'anoxie généralisées. Les rejets domestiques, dont les produits détergents et les engrais artificiels, ont contribué à une très forte augmentation des concentrations en phosphore. En **1979**, les valeurs de phosphore total atteignaient 90 µg.L⁻¹ dans le Léman et 172 µg.L⁻¹ dans le lac du Bourget (Annexe 1, fig. 1) alors que la valeur seuil de 15 µg.L⁻¹ est souhaitée pour limiter tout risque de production algale excessive (OCDE, 1982). L'eutrophisation a impacté fortement la qualité des eaux et les services écosystémiques lacustres associés. Le phytoplancton (micro-algues) prolifère rapidement, se décompose puis entraîne des désagréments olfactifs, visuels et réduit la transparence de l'eau. Ce développement algal, accompagné parfois d'efflorescences de cyanobactéries filamenteuses ou coloniales (e.g. *Planktothrix rubescens*, *Microcystis*), implique une anoxie des eaux profondes (disponibilité en oxygène réduite), dégradant les conditions de reproduction des salmonidés, ainsi que le colmatage des filets des pêcheurs.

Dans les années 1970, des mesures ont été mises en place dans la région du Léman pour protéger les eaux et réduire la quantité de phosphore présent dans celles-ci. Ces mesures comprenaient la construction de stations d'épuration dans l'ensemble du bassin versant, la mise en place de dispositifs de déphosphatation, l'interdiction des polyphosphates dans les lessives en Suisse (1986) et une réduction de leur utilisation en France¹ (Rapin & Gerdeaux, 2013).

Parallèlement, entre 1974 et 1980, au lac du Bourget, des travaux d'amélioration des stations d'épuration (STEP) de Chambéry, d'Aix-les-Bains et du Bourget-du-lac, ont été entrepris pour réduire le phénomène d'eutrophisation du lac. Les eaux usées traitées par les STEP ont été acheminées vers un milieu récepteur pouvant supporter leur rejet : un tunnel de 12,2 km a été percé dans le massif de l'Épine (chaîne de montagne proche du lac), pour transporter les eaux épurées des STEP jusqu'au

¹Interdiction en 2007 en France (décret n° 2007-491) relatif à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement.

Rhône. Cette action d'ingénierie a eu un effet significatif sur la réduction de l'eutrophisation du lac du Bourget et la restauration de la qualité des eaux (Guillard *et al.*, 2015).

L'omble chevalier et le corégone (appelé localement la féra dans le Léman et le lavaret au Bourget), sont des espèces dont la ponte des œufs est réalisée sur le substrat lacustre² à une température et une oxygénation spécifique (Mari *et al.*, 2021 ; Stewart *et al.*, 2021). L'eutrophisation impacte directement la survie des œufs et des juvéniles en raison d'un taux de sédimentation accru sur les frayères et donc d'une diminution de l'oxygène disponible, notamment au niveau de l'interface eau - sédiments. Le recrutement naturel de ces deux espèces de salmonidés est ainsi fortement affecté, entraînant un fort déclin de ces populations. La chute drastique des captures a eu pour conséquence des pertes économiques importantes pour l'ensemble de la filière halieutique et des professions liés (pêcheurs, mareyeurs, restauration), fragilisant en particulier la profession des pêcheurs. Dans le Léman, pendant la période d'eutrophisation, les captures étaient passées de 100-200 t/an dans les années 1950 à 30-50 t/an dans la période 1975-1984, et pour l'omble chevalier de 15-30 t/an à 2-6 t/an. Dans le lac du Bourget, les captures de corégone sont passées de 100 t/an avant 1950 à une centaine de kg/an dans les années 1970-1980 ; les captures d'omble chevalier de plus d'une tonne par an à 25-180 kg (Annexe 1, fig. 2 et 3). De plus, au début des années 1980, de très mauvaises captures de perche (*Perca fluviatilis*), l'autre source importante de revenus pour les pêcheurs professionnels, dues à un mauvais recrutement à cause de mauvaises conditions météorologiques pendant la reproduction, provoquent une crise sociale majeure pour les pêcheurs professionnels. Ils alertent alors sur les problèmes de pollutions et de régression des stocks de salmonidés, accompagnés par les pêcheurs amateurs et le milieu associatif comme l'Association pour la Sauvegarde du Léman (ASL). Les pêcheurs professionnels effectuent alors des actions militantes et des conférences de presse, en particulier une manifestation d'environ 80 pêcheurs devant la sous-préfecture de Thonon-les-Bains le 17 juin 1980, pour demander des solutions auprès des pouvoirs publics et des élus locaux.

C'est dans ce contexte que les services de l'État vont renforcer en **1982** et **1983** les recherches en ichtyologie à la Station d'Hydrobiologie Lacustre (SHL)³ de l'INRA (Institut National de la Recherche Agronomique) de Thonon-les-Bains avec l'arrivée de spécialistes du domaine (Alexis Champigneulle en 1982, Daniel Gerdeaux et Christian Gillet en 1983) (Olive, 1986). L'intérêt était d'intensifier l'effort de recherche sur l'écologie des espèces lacustres et sur la gestion halieutique des lacs péri-alpins. Les travaux ont principalement porté sur la compréhension de la reproduction des poissons, des effets des facteurs environnementaux sur les dynamiques et sur le développement d'un outil de gestion des populations salmonicoles lacustres nommé le « Pacage Lacustre ».

Ce mode de gestion vise à effectuer des déversements de juvéniles de manière contrôlée et optimisée afin de contrebalancer le faible recrutement naturel dans le milieu lacustre. La problématique principale a été d'évaluer et améliorer les modes de repeuplement pour entreprendre la réhabilitation⁴ des espèces les plus importantes économiquement comme le corégone et l'omble chevalier pour *in fine* contribuer à la stabilisation des revenus des pêcheurs professionnels, approvisionner les restaurateurs en produits locaux et satisfaire les pêcheurs amateurs. En parallèle, des mesures de restauration⁵ du milieu, essentielle au recrutement naturel des juvéniles et au bon fonctionnement écologique des lacs ont été engagées.

² Dans ce document, la truite (*Salmo trutta*) n'est pas abordée car nous nous focalisons sur les poissons se reproduisant seulement en lac.

³ La Station d'Hydrobiologie Lacustre de l'INRA est depuis 1999 une Unité Mixte de Recherche créée entre l'INRA et l'Université Savoie Mont Blanc portant le nom de Centre Alpin de Recherches sur les Réseaux Trophiques et les Écosystèmes Limniques (CARRETEL).

⁴ La réhabilitation est un démarrage forcé, rapide, de la réparation et la récupération des fonctions et services de l'écosystème en lui donnant une nouvelle trajectoire favorable pour combattre les seuils d'irréversibilités (Aronson, 1995).

⁵ La restauration est un processus permettant d'assister le rétablissement de l'écosystème dégradés, présentant encore un niveau suffisant de résilience pour réparer les effets négatifs des perturbations, à sa trajectoire historique (Aronson, 1995).

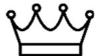
Contributions d'INRAE et de ses partenaires (Inputs)

Les recherches sur le « Pacage Lacustre »

Dès **1983**, les recherches ont été entreprises par l'équipe d'ichtyologie de l'INRA en collaboration avec la Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt (DDAF) et les associations de pêcheurs pour répondre à la chute drastique des populations de salmonidés lacustres due à l'eutrophisation. Sous l'impulsion de ces scientifiques, des avancées significatives ont été réalisées sur plusieurs points : l'approfondissement des connaissances sur l'écologie des poissons, l'évaluation des modes de gestion halieutique, la maîtrise de l'approvisionnement en œufs issus de poissons du milieu naturel, l'optimisation d'une production de juvéniles en quantité, qualité et à un coût acceptable, mais aussi l'évaluation de l'efficacité des alevinages pour quantifier les captures issues des repeuplements. Les premiers résultats obtenus au cours des années 1980 ont permis de concevoir un programme à grande échelle. Pour ce faire, l'INRA, associé à plusieurs partenaires (Ministère de l'Agriculture et de la Forêt ; la Région Rhône-Alpes ; le Conseil Supérieur de la Pêche (CSP) ; le Secrétariat d'État à l'Environnement ; les Conseils généraux de Savoie et de Haute-Savoie ; les Syndicats Intercommunaux à Vocations Multiples (SIVOM) du Léman et Bourget) ainsi que les pêcheurs professionnels et amateurs ont décidé de monter un projet pilote en commun appelé « **Pacage Lacustre** » inscrit au X^{ème} Contrat de Plan État-Région Rhône-Alpes quinquennal signé officiellement le **25 mai 1989**. La collaboration entre pêcheurs professionnels et amateurs a été formalisée par l'intermédiaire d'une association créée dans le cadre du programme : l'Association pour la mise en valeur Piscicole des Plans d'Eau en Rhône-Alpes (APERA).

Le but a été de tester et approfondir de nouvelles techniques de repeuplement des populations de salmonidés à l'échelle des lacs péri-alpins basées sur les géniteurs autochtones, afin de réhabiliter les populations et d'éviter une disparition de la pêche professionnelle (Champigneulle *et al.*, 1989), indispensable aux circuits économiques locaux (Gagnaire, 1988). Enfin, l'INRA a assuré en parallèle des travaux sur l'eutrophisation et le suivi des paramètres physico-chimiques et environnementaux des lacs, afin de comprendre l'évolution du milieu lacustre soumis aux différentes pressions anthropiques et changements globaux pouvant impacter les populations de poissons. La surveillance des lacs permet de suivre l'évolution du milieu lacustre au fil du temps, les conséquences sur le réseau trophique et la biodiversité, en particulier identifier les menaces potentielles pour les populations de poissons et évaluer les stratégies de gestion.

Les principales étapes des recherches participatives du projet Pacage Lacustre :

Montage du projet et recherche de financements		L'Association pour la mise en valeur Piscicole des Plans d'Eau en Rhône-Alpes (APERA) rassemble les pêcheurs professionnels et les amateurs qui mettent en œuvre le programme de Pacage Lacustre en lien avec l'INRA. Les pêcheurs financent l'APERA.
Définition des questions de recherche, problématisation		Produire en masse des alevins qu'on savait produire en petite quantité + diagnostic pour comprendre pourquoi les populations avaient chuté. Réflexion de l'INRA à la demande des pouvoirs publics et en collaboration avec l'APERA.
Choix de la méthode et définition des protocoles		Choix de la méthode pour étudier la contribution aux captures des poissons déversés grâce à la méthode « marquage, lâcher et recapture ». Les pêcheurs sont volontaires pour fournir du temps de travail.
Collecte de données, mise en œuvre des protocoles		Les pêcheurs amateurs en bateau consignent leurs statistiques journalières dans des carnets de captures, donnant ainsi des indicateurs sur l'état des populations de poissons.
Analyse des résultats et interprétations		Les informations tirées des carnets de captures des pêcheurs permettent à l'Inra d'analyser les dynamiques des populations et d'évaluer les pratiques de gestion.
Valorisation, diffusion des résultats ou mise en action des résultats du projet		La participation de l'APERA et des scientifiques de l'INRA à des colloques comme les « Assises Nationales des Pêcheurs Professionnels » (la première en octobre 1991) ont permis d'échanger sur les actions de gestion et de valorisation de la ressource piscicole.
Gouvernance / coordination		L'AG de l'APERA rassemble des représentants des pêcheurs professionnels et amateurs, en présence des représentants de l'administration, de l'ONEMA et de l'INRA.

Biologie des salmonidés et techniques de repeuplement

En premier lieu, les recherches ont porté sur l'écologie des poissons lacustres et sur une diagnose pour comprendre les facteurs contribuant à la diminution des populations de salmonidé et analyser des solutions de réhabilitation. Les données bibliographiques ont permis d'acquérir d'importantes connaissances sur l'écologie du corégone et de l'omble chevalier. L'étude de la croissance du corégone à l'aide des écailles (scalimétrie, Hamelet *et al.* 2022) a permis de montrer des changements significatifs entre 1953 et 1983 sur le Léman (Champigneulle *et al.*, 1983a). La production planctonique, qui est la principale source de nourriture du corégone, a augmenté pendant la phase d'eutrophisation et a permis ainsi une augmentation de la croissance du corégone. La taille légale de capture (30 cm) étant atteinte dès le début de 3^{ème} année de vie, au lieu de la fin de la 5^{ème} année précédemment, le nombre de géniteurs nécessaire pour maintenir la population et la production halieutique n'était plus suffisant. En 1983, un travail de synthèse bibliographique a été publié sur les problématiques de repeuplement des salmonidés dans les grands plans d'eau (omble chevalier, corégone) (Champigneulle, 1985). Ce travail a confirmé que les relâchés de juvéniles de corégone et d'omble chevalier pouvaient être utilisés comme méthode de gestion pour restaurer et/ou soutenir les populations. L'omble chevalier et le corégone sont autochtones dans le Léman et le lac du Bourget, cependant des introductions multiples de juvéniles d'origine principalement scandinave mais aussi de lacs voisins comme la Palée du lac du Neuchâtel, étaient pratiqués depuis très longtemps (fin 18^{ème}). La première décision issue de la diagnose initiale a été d'arrêter les projets de repeuplements avec des populations non autochtones. A partir de 1983, le repeuplement a alors été effectué uniquement à

partir des œufs récoltés sur les géniteurs sauvages capturés dans le Léman et le lac du Bourget. Par la suite, les résultats des relâchés pratiqués avec les premiers stades de développement (alevins vésiculés⁶) ont montré qu'ils étaient peu efficaces. Des relâchés à des stades plus avancés (2 à 9 cm) ont été testés afin d'optimiser le repeuplement. De nombreux travaux bibliographiques, des missions à l'étranger (Pologne, Allemagne de l'Est, Tchécoslovaquie, Finlande, etc.) et des collaborations ont permis d'acquérir d'importantes connaissances sur l'écologie des salmonidés et les techniques de production (Champigneulle, 1982, 1983 a,b,c, 1985 ; Ponton, 1986 ; Gillet, 1989 ; Guillard *et al.*, 1992).

Maîtrise de l'approvisionnement en œufs de géniteurs sauvages

Pendant la période de reproduction, la pêche des salmonidés est fermée (fin novembre à janvier, ou jusqu'à février dans le lac du Bourget), mais des pêches dites « exceptionnelles », pour recueillir les œufs destinés aux repeuplements, sont effectuées par les pêcheurs professionnels sous contrôle de l'administration et d'un suivi scientifique réalisé par l'INRA. L'opération est coordonnée à l'échelle des deux lacs péri-alpins. Les pêcheurs professionnels capturent des géniteurs mâles et femelles d'omble chevalier et de corégone sur les sites de fraies. Ils récoltent les ovules en pressant le ventre des femelles mûres au-dessus d'un récipient. Les ovules sont ensuite fécondés artificiellement par adjonction de la laitance de plusieurs mâles capturés. Les œufs sont ensuite transportés en piscicultures pour être mis en incubation. Les femelles non ovulées sont mises en stabulation en pisciculture en attendant qu'elles ovulent. Après éclosion des œufs, les larves grossissent en bassin, puis sont nourries et les juvéniles sont relâchés dans leurs lacs respectifs.

Au cours des années 1980, les recherches et les échanges avec les gestionnaires ont permis l'amélioration du taux de survie des œufs (conservation, taux de fécondation) et la pêche au filet maillant a été optimisée pour la capture des géniteurs en période de reproduction. En effet, pour le corégone, la taille des filets pendant les pêches exceptionnelles a été adaptée afin de limiter la capture des plus jeunes mâles. Pour l'omble chevalier, les filets sont posés sur les omblières et relevés après une seule nuit, avec un effort de pêche réparti sur l'ensemble de la période de reproduction naturelle entre fin novembre et fin décembre (Champigneulle *et al.*, 2001).

Technique de production de poissons d'alevinage

Dès le début des années 1980, l'élevage des alevins d'omble chevalier était bien maîtrisé, contrairement à celui du corégone basé uniquement sur de la nourriture issue de plancton vivant, donc limitant fortement les capacités de production. L'objectif a été de mettre au point des techniques de production de masse de juvéniles de corégone, de qualité et à un moindre coût. Les larves de corégone étant particulièrement vulnérables lors des relâchers dans le milieu naturel, les recherches ont aussi porté sur deux techniques de production pour pré-grossir les poissons jusqu'au stade alevins.

L'élevage des premiers stades de corégones en pisciculture n'étant pas réalisé avec succès, l'utilisation de techniques d'élevage de juvéniles en cages éclairées dans le milieu naturel, inspirées des cages polonaises, a été développée. Les premiers essais ont été réalisés en 1983 sur le Léman à partir des œufs provenant de géniteurs du lac (Bourtry et Champigneulle, 1983). Le principe est la mise en place des larves dans une cage dans le milieu naturel, avec de fines mailles (maillages de 0.7 à 5 mm en fonction de l'évolution de la taille des alevins) pour éviter leur prédation (Champigneulle *et al.*, 2001). Un système d'éclairage nocturne au centre permet d'attirer par phototactisme le plancton qui traversent les mailles et sert de nourriture aux larves (Annexe 2, Fig. 1 et 2). Pour s'adapter

⁶ Alevin vésiculé est le premier stade du cycle du développement d'un poisson se nourrissant toujours à partir de ses réserves vitellines.

spécifiquement aux conditions lacustres, les cages ont été totalement immergées (Champigneulle *et al.*, 1986). Au Bourget, un radeau de 6 cages éclairées cubiques de 2 m de côté a été installé en 1990 et a produit annuellement 100 à 250 000 pré-estivaux⁷ au cours de la période 1990-1997. Le radeau a pu être ensuite amélioré par les pêcheurs professionnels qui le gèrent jusque 2003.

Par la suite, la mise en place d'une technique pour assurer le pré-grossissement des poissons en bassins de pisciculture et donc à moindre coût, a impliqué d'élaborer un programme spécifique sur l'alimentation avec des recherches sur le plan physiologique et le coût économique. En 1983, des essais ont été réalisés à partir de zooplancton vivant, congelé et d'un granulé destiné aux truitelles (Dewaele et Champigneulle, 1983). Le zooplancton vivant est apparu être le meilleur aliment favorisant une croissance comparable à celle dans le milieu naturel, même si le plancton congelé a donné aussi de bons résultats mais avec une plus forte mortalité. Néanmoins le plancton avait un coût élevé et son approvisionnement était difficile et aléatoire. Les granulés de truitelles se sont révélés totalement inadaptés et donnaient des pourcentages importants d'alevins malformés (Champigneulle *et al.*, 1986). Pour réduire les coûts et s'affranchir des problèmes rencontrés, un important effort de recherche a été mené pour permettre la conception d'un aliment sec pour faciliter l'élevage en bassins. La collaboration entre la SHL et le Laboratoire de Nutrition des Poissons de l'INRA de Saint-Pée-sur-Nivelle, dans le cadre d'un contrat ANVAR (Agence Nationale de Valorisation de la Recherche), a permis d'avancer significativement dans ces recherches (Dabrowski *et al.*, 1984 ; Bergot *et al.*, 1986 ; Champigneulle, 1988). Le Laboratoire de Nutrition des Poissons a travaillé spécifiquement sur la composition de l'aliment sec et celui de Thonon sur les différentes conditions d'élevage. Plusieurs points ont été abordés : le rôle de la température, des éclairagements, des densités et du rythme de nourrissage en fonction de l'origine des individus (sauvage, âge des géniteurs), des caractéristiques de production des œufs et des larves, des tests de changement d'échelle dans les pratiques de repeuplement, mais aussi la maîtrise du cycle d'élevage en pisciculture, l'évaluation entre les différentes techniques, puis la mise au point et le suivi de la production en grandeur réelle (Champigneulle, 1988 ; Champigneulle *et al.*, 1991 ; Rojas Beltran et Champigneulle, 1991, 1992, Rojas Beltran *et al.*, 1991, 1992). La maîtrise de l'élevage de corégones en bassins avec une nutrition exclusive sur aliment sec à base de levure et/ou de foie de bœuf ou de porc lyophilisé a pu être développé et réalisé dans des bacs de 3 à 1000 l (Champigneulle *et al.*, 1994a). La conception de bacs (prototype INRA), semi-sphérique double de 250 l ou cylindro-conique de 1000 l, permet un nettoyage efficace, avec un distributeur automatique adapté d'aliments. De plus, le développement de ces méthodes de nutrition a permis aussi d'optimiser le potentiel de la technique de production en cages éclairées. En effet, la production d'alevins démarrés à l'aide d'aliment sec a permis de mieux choisir la période de mise en cage en fonction des conditions optimales de températures et de densité du zooplancton dans le lac (Champigneulle *et al.*, 1994b).

Au cours des années 2000, la production en bassin de corégone sur aliment sec enregistrait de faible taux de survie jusqu'au stade d'alevins démarrés. En 2008, l'INRA en collaboration avec la Pisciculture de Rives a travaillé sur de nombreuses modifications techniques dans le but d'améliorer la survie (mise en charge des bacs, pratique préventive, granulométrie de l'aliment de démarrage, hydraulique). La nouvelle pratique a significativement amélioré les résultats de survie comparables aux meilleurs résultats obtenus dans la phase expérimentale (en moyenne jusqu'à 90 % de survie) (Champigneulle et Cachera, 2008).

⁷ Alevin de 3 à 6 cm en milieu de printemps, début été.

Marquage

Le recrutement des salmonidés était à un niveau très bas mais n'était pas inexistant. Les fluctuations interannuelles dans la dynamique des populations engendrées par des facteurs de forçage comme la pêche, les conditions environnementales et les relations stock-recrutements peuvent ainsi masquer complètement la contribution des poissons issus du pacage lacustre et de ceux du recrutement naturel. Par conséquent, il a été essentiel de développer des techniques de marquage pour évaluer l'efficacité des repeuplements.

Le marquage consiste en une marque externe ou interne, soit par fixation de matière étrangère, soit à l'aide d'une coloration ou mutilation d'une partie spécifique du corps du poisson permettant sa reconnaissance (Sandford *et al.*, 2019). Des techniques de marquage externe étaient assez faciles à mettre en place pour les poissons supérieurs à 50 mm mais inapplicables sur les individus de petites tailles et donc pour les premiers stades de vie. De plus, les techniques de marquage utilisant l'origine génétique n'étaient pas possibles car l'intérêt était de contribuer au repeuplement avec des géniteurs autochtones pour la conservation du patrimoine génétique (Gerdeaux, 1996). Des recherches ont donc été essentielles pour mettre au point des techniques de marquages sur des poissons de petite taille. Des techniques externes ont été développées par cautérisation de la nageoire adipeuse ou l'ablation d'une nageoire pelvienne sur des individus à partir d'une taille de 28 mm (Champigneulle et Escomel, 1984), pour les alevins des deux espèces de salmonidés. Puis, à partir de l'étude de Meng *et al.* (1986), les techniques de marquage par injection de micromarques magnétisées codées dans le cartilage nasal ont été faites. Champigneulle *et al.* (1987) a testé avec succès la possibilité d'utiliser ces marques pour des individus plus petits, c'est-à-dire à partir de 25 mm pour l'omble chevalier et 45 mm pour le corégone. L'application de ces techniques permettait de marquer environ 1 500 à 2000 poissons par jour par un opérateur. Cependant, dans le cadre du pacage lacustre, ces marquages ne permettaient pas de marquer à large échelle, la totalité des individus, de l'ordre de centaines de milliers d'alevins par an.

Les recherches se sont donc focalisées sur des techniques de masse par le marquage interne à l'aide de fluoro-marquage qui se fixent sur les os ou les otolithes⁸. La première technique de marquage sur l'otolithe a été réalisée par la balnéation rapide des individus au stade œuf ou larvaire dans une solution hyperosmotique de chlorure de sodium avec une concentration de tétracycline (Rojas-Beltran *et al.*, 1995a, 1995b). En fonction de l'espèce, le temps d'immersion et la concentration sont ajustés. Après avoir mis au point les lectures des marques sur les otolithes, ces méthodes ont permis de faciliter l'identification et la quantification des alevins relâchés dans le cadre de la réhabilitation. Depuis la fin des années 1990, l'utilisation de marqueur composé de chlorhydrate de tétracycline a été réglementée dans de nombreux pays en raison de son pouvoir antibiotique (Wright *et al.*, 2002). De ce fait, les recherches se sont poursuivies, testés et confirmés au sein de l'INRA avec l'Alizarine Red S (ARS) comme nouveau marqueur (Cachera, 1997 ; Champigneulle et Cachera, 2003 ; Caudron et Champigneulle, 2006, 2009).

Efficacité des alevinages et quantification des captures

Après le marquage, la recapture des individus, nécessaire afin de déterminer la proportion des individus marqués, se fait en collaboration avec les pêcheurs par l'intermédiaire d'un kit et d'un carnet d'échantillonnage dans une approche de **science participative**. Si les marques sont internes (otolithes),

⁸ Les otolithes sont des concrétions calcaires localisées de chaque côté de l'encéphale et formés pendant le développement embryonnaire et jamais remaniées (Secor *et al.*, 1991).

des têtes de poissons sont récoltées par les pêcheurs, amateurs et professionnels, puis analysées en laboratoires par les scientifiques.

Pour une bonne gestion piscicole, l'évaluation de l'efficacité des repeuplements doit être faite au regard des informations sur les captures. Avant la fin des années 1980, les données de captures ne prenaient pas en compte l'effort de pêche. L'effort de pêche est une mesure indispensable pour quantifier le tonnage des espèces prélevées dans une période et/ou une surface donnée et en fonction des moyens mis en œuvre (Gelchu et Pauly, 2007). En 1986 sur le Léman et 1988 sur le Bourget, les statistiques journalières obligatoires de pêche ont été mises en place pour les pêcheurs amateurs en bateau. L'INRA a assuré les premières années la saisie des données avant de passer le relais à la DDAF (actuellement la DDT) (Gerdeaux, 1996). En complément, sur le lac du Bourget, les données sont complétées par des statistiques de pêche de pêcheurs amateurs volontaires comme sur le lac d'Annecy (Gerdeaux et Janjua, 2009). L'ensemble des données synthétiques est publié dans des rapports et est disponible pour la communauté scientifique. Les données des captures sur les périodes où des cohortes ont été marquées permettent d'évaluer la proportion de poissons relâchés et donc ainsi le rendement des marquages : pourcentage de captures pondérales de poissons marqués dans les échantillonnages de captures.

Amélioration de la qualité des eaux, suivi des grands lacs alpins

L'eutrophisation du milieu lacustre dans les années 1980 a eu une incidence directe sur les populations piscicoles due à un taux élevé de sédimentation et donc de diminution du taux d'oxygène sur les zones de reproduction, notamment à l'interface eau - sédiments où sont déposés les œufs. Pour permettre à nouveau le recrutement naturel, il a été important de lutter contre ce phénomène d'eutrophisation afin de retrouver un substrat propre et bien oxygéné. Les efforts pour diminuer les apports en phosphore sont passés par la réduction des rejets polluants provenant des activités anthropiques et une gestion appropriée de chaque lac (Loizeau et Dominik, 2005).

Depuis les années 1960, le suivi écologique des lacs par l'étude des paramètres environnementaux est assuré par l'INRA à l'aide de la collecte de données acquise avec des protocoles standardisés. Les données physico-chimiques et biologiques (taux de phosphore, phyto et zooplancton, transparence de l'eau, oxygène...) sont collectées depuis **1957** sur le Léman et depuis **1987** sur le lac du Bourget (Rimet *et al.*, 2020) et archivées dans le Système d'Information (<https://si-ola.inrae.fr/>) de l'Observatoire des Lacs (OLA) (https://www6.inrae.fr/soereola_eng/). La pérennisation et la mise en place de ces suivis sont soutenues par les gestionnaires des milieux lacustres et elles ont été essentielles pour la surveillance, l'amélioration et la préservation des écosystèmes lacustres ainsi que des populations de poissons. Les concentrations de phosphate diminuent à partir de 1980 dans les deux lacs.

Partenaires

Les recherches ont été conduites avec les principaux partenaires suivants :

APERA (Association pour la mise en valeur Piscicole des Plans d'Eau en Rhône-Alpes), s'occupe de la gestion administrative et financière de la pisciculture domaniale de Rives à Thonon-les-Bains et est chargée du repeuplement des grands lacs Alpins (une production par an d'environ 10 millions d'alevins de corégones et 800 000 d'ombles à partir de géniteurs sauvages).

CIPEL (Commission Internationale pour la Protection des Eaux du Léman), créée en 1962 pour protéger la qualité des eaux du Léman et lutter contre l'eutrophisation.

CISALB (Comité Intercommunautaire pour l'Assainissement du Lac du Bourget), lutte contre les pollutions et effectue le suivi des populations de poissons.

DDAF (Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt) (depuis 2010, la DTT « Direction Départementale des Territoires »).

Pêcheurs professionnels et pêcheurs amateurs, regroupés au sein de : Association Agréée Interdépartementale des Pêcheurs Professionnels des Lacs Alpains (A.A.I.P.P.L.A), Association Agréée des Pêcheurs Amateurs du Lac Léman Français (A.P.A.L.L.F), Association Agréée de Pêche et de Pisciculture de Chambéry (AAPPC), Société de Pêche et de Pisciculture Agréée d'Aix-les-Bains (S.P.P.A. d'Aix). Ils sont présents depuis le début.

Outputs des recherches

Les recherches sur le « Pacage Lacustre en mode participatif

En **1983**, le renfort de scientifiques ichtyologues a permis immédiatement d'intensifier la collaboration avec les administrations, le Conseil Supérieur de la Pêche (CSP) et les pêcheurs pour la mise en place des projets pour la réhabilitation de la ressource piscicole dans les lacs péri-alpins. Les travaux de recherche et les collaborations avec les partenaires ont permis d'apporter un diagnostic et des réponses pour contribuer à la réhabilitation des populations de salmonidés sans interrompre la pêche, toujours en synergie avec la restauration de la qualité des eaux.

En **1989**, le programme « Pacage Lacustre » a permis le regroupement des associations⁹ des pêcheurs professionnels et amateurs des lacs Bourget, Léman et Annecy avec la création d'une association¹⁰ « **Association pour la mise en valeur piscicole des Plan d'Eau en Rhône-Alpes** » (**APERA**). L'objectif de l'association a été de mettre en œuvre le programme de pacage lacustre conformément au projet piloté par l'INRA (Station d'hydrobiologie lacustre de Thonon-les-Bains) et ses collaborateurs. Puis d'ajuster, à la suite des transferts de compétence par l'INRA, les techniques en pisciculture et d'évaluer les retombées économiques locales et la satisfaction des associations de pêche utilisatrices. Les actions de l'APERA ont bénéficié dès le départ de l'appui financier du Ministère de l'Agriculture et de la Région Rhône-Alpes. Les échanges soutenus entre les différents partenaires sur les techniques et protocoles expérimentaux entre l'INRA et l'APERA ont permis la mise en place d'un repeuplement optimisé passant de l'expérimentation en laboratoire à l'échelle des lacs péri-alpins.

En particulier, le programme a permis la rénovation et l'agrandissement de la pisciculture domaniale de Rives de Thonon-les-Bains, en minimisant les coûts à partir du site et d'installations préexistantes. Elle est devenue l'une des plus importantes piscicultures européennes pour la production de juvéniles de salmonidés lacustres. Aujourd'hui, c'est la dernière pisciculture domaniale de France maintenue pour respecter le concordat Franco/Suisse (voir ci-dessous). La production de cette pisciculture a été complétée pendant de nombreuses années par l'écloserie de Meillerie au Léman et le radeau de cages éclairées immergées au lac du Bourget. Ces structures sont beaucoup plus petites et étaient gérées directement par les pêcheurs professionnels (à partir de 1990 pour les cages éclairées). La pisciculture de Rives et l'écloserie de Meillerie au Léman ont été positionnées comme

⁹ A.A.I.P.P.L.A ; A.P.A.L.L.F ; AAPPC ; S.P.P.A. d'Aix

¹⁰ Type loi 1901

unité centrale de production de juvéniles jouant un rôle majeur dans la mise en œuvre des opérations du programme (Annexe 3, fig. 1). Au fil des années, les associations de pêcheurs se sont de plus en plus investies dans les opérations de pacage lacustre. Cette implication s'est traduite notamment par une augmentation significative de leur contribution financière annuelle versée à l'APERA pour le fonctionnement des installations passant de plus de 43 000 F (8 734 €) en 1990 à 282 500 F (57 378 €) en 1996 et de l'ordre de 58 000 € en 2022 (Gagnaire, 1994 ; Arnold-Gagnaire L., 2022, pers. comm.). De plus, les pêcheurs professionnels ont également consacré une partie de leur temps de travail et de leur énergie aux pêches exceptionnelles de géniteurs pour la récolte des œufs et de la laitance, mais aussi aux suivis quotidiens des incubations à Meillerie, à la maintenance des cages sur le lac du Bourget et aux opérations de relâchers de juvénile dans le milieu naturel. Toutes ces actions ont été réalisées en collaborations étroites avec l'ensemble des acteurs, dont les DDAF de Haute-Savoie et de Savoie, et les gardes du CSP et de la Fédération de pêche de Savoie.

Les résultats du programme de pacage lacustre ont permis d'optimiser la récolte des œufs sur les géniteurs sauvages. La nouvelle organisation a favorisé la sauvegarde des salmonidés sur le plan écologique et sur le plan économique a impliqué la diminution du coût de récoltes des œufs. Au Léman ces récoltes ont permis de garder un rendement optimisé proche de 1400 œufs/femelle capturée avec une survie dépassant les 75 %.

La mise au point des techniques de production des juvéniles à l'aide de cage éclairées a permis de débiter l'élevage du corégone en attendant le développement d'une nourriture exclusivement sur aliment sec en bassins et faciliter l'acclimatation des alevins dans le lac et l'augmentation de leur survie (expérimentation INRA, Champigneulle *et al.*, 2001). Les actions de repeuplement au Bourget par l'APERA étaient d'environ 100 000 en 1990 à un million d'alevin en 2000. Le radeau de cages éclairées a aidé à soutenir les populations de corégonnes issus du milieu naturel dans les moments critiques où le stock était au plus bas (environ une centaine de kg/an de 1966 à 1990). Les déversements de corégonnes ont été d'environ 100 000 alevins en 1990-1991 à 1 million à la fin des années 1990. Depuis 2004, au Bourget, les alevins de corégonnes sont relâchés directement dans le lac au mois d'avril à un stade plus avancé (alevin démarré) et la technique des cages a été progressivement abandonnée à cause de la charge de travail trop importante pour les opérations de maintenance. De plus, la dernière année d'utilisation, les juvéniles étaient en insuffisance pondérale, avec de fortes mortalités, probablement à cause de facteurs multiples (panne dans le système d'éclairage, insuffisance de plancton, développements algaux, etc.). Malgré la résolution des problèmes techniques (défaut d'alimentation électrique) et Champigneulle un radeau de nouveau opérationnel, ce dernier n'a pas été réutilisé depuis 2003 (Champigneulle et Cachera, 2003).

Les recherches sur la nutrition des alevins de corégone ont permis de montrer qu'il était possible d'élever des corégonnes en bassins de pisciculture uniquement sur aliment sec, de qualité et à un faible coût. L'optimisation du rendement a été complétée par l'utilisation d'un type de bac spécifique développés par l'INRA pour la production. Les bacs ont été testés et modifiés en bacs cylindro-conique¹¹ adaptés au changement d'échelle (pisciculture de Rives) pour réduire les coûts pour l'élevage de masse (Champigneulle *et al.*, 1989). Ces bacs permettent un nettoyage facilité par une grille centrale, un nourrissage automatisé 24h/24 avec la présence de couvercle permettant l'optimisation des conditions d'éclairage et pouvant accueillir différents stades de vie.

¹¹ Bacs de 5, 60 et 250 l testés et modifiés en bacs cylindro-coniques de 1000 l de 1,5 m de diamètre (Champigneulle *et al.*, 1989)

L'adaptation des techniques de marquage, lâcher et recapture pour identifier les individus de petites tailles ou dans les premiers stades de vie chez le corégone et l'omble chevalier a permis de quantifier les effets des relâchers à l'échelle des grands lacs péri-alpins. De 1986 à 2010, la capture d'omble chevalier par la pêche professionnelle et de loisir est en corrélation étroite avec les déversements d'estivaux d'omble chevalier lâchés trois ans auparavant. En effet, des campagnes de marquage franco-suisse ont été réalisées sur des cohortes¹² de 1983, 1984 et 1985 issues du « package lacustre ». L'INRA a montré alors une contribution du repeuplement estimée à 51 % sur la cohorte de 1983 pour 300 000 estivaux relâchés¹³ (Champigneulle *et al.*, 1988). D'après ces données, le taux de recapture halieutique a été estimé à 40-50 kg pour 1000 estivaux (Champigneulle et Gerdeaux, 1993). Les captures sont ainsi passées entre 1987 et 1995 de 0,5 à 6 t/an au Bourget et de 5 t/an à 60-90 t/an dans le Léman. De plus, les captures records en 1997 concordent avec le déversement de 1,7 millions d'estivaux de 1994. Pour le corégone, les expériences de marquage ont montré que le programme du package lacustre avait joué un rôle dans la réhabilitation et dans le maintien des populations au Léman (Champigneulle et Gerdeaux, 1992) et au lac du Bourget (Champigneulle, 2003). À la fin des années 1980, l'estimation des recaptures a été estimée à 20-25 kg pour 1000 alevins de 3-4 cm.

Les campagnes de marquages permettent désormais de quantifier les relâchers et de disposer d'un grand nombre d'échantillons ichtyologiques de référence. En complément, l'analyse des données de capture et de repeuplement fournissent des longues séries temporelles pour étudier la dynamique de populations avec en complément les données des pêches amateurs.

Les statistiques journalières de pêche obligatoires pour les pêcheurs amateurs en bateau sont consignées dans des carnets de captures renseignant la date, la durée de la sortie de pêche, l'espèce et la taille des salmonidés capturés. Dans le cadre de cette approche en science participative, des carnets volontaires de pêche ont été mis en place en 2004 sur le lac du Bourget (collaboration INRA/CISALB sur le même modèle que celui instauré sur Annecy dès 1992 (Gerdeaux et Janjua, 2009) afin d'obtenir des indicateurs complémentaires d'état des populations. Ces carnets sont plus précis que les carnets obligatoires (taille de chaque prise, même pour les individus relâchés, durée de pêche permettant le calcul d'un effort de pêche, sexe, lieu de pêche). Enfin, les pêcheurs peuvent faire aussi des prélèvements d'écaillés sur les salmonidés afin que les scientifiques puissent déterminer l'âge des poissons (Champigneulle et Cachera, 2003). Ces deux types de carnets permettent d'analyser les dynamiques des populations et d'évaluer les pratiques de gestion.

La qualité écologique des milieux s'étant améliorée (ré-oligotrophisation¹⁴) depuis les années 2010, les captures de corégone sont désormais principalement assurées par les poissons issus de recrutement naturel (Champigneulle et Cachera, 2004 ; Champigneulle et Caudron, 2012). De nouvelles campagnes de marquage au lac du Bourget ont été mise en place (2018, 2019, 2020) pour estimer la contribution actuelle du package lacustre aux populations de corégone et d'omble chevalier. La lecture des otolithes et le traitement des données sont en cours de réalisation (Cachera S., 2023, pers. comm). Pour le Léman, un nouveau projet de marquage a été initié en 2023 afin de vérifier la contribution du repeuplement dans le contexte de l'augmentation des températures (Desgué-Itier *et al.*, 2023).

¹² Poissons nés la même année (même classe d'âge)

¹³ Pour un niveau de relâcher du même ordre de grandeur, Rubin et Buttiker (1993) ont évalué la contribution du repeuplement à 75-92 % et 65-81 % respectivement pour les cohortes de 1984 et 1985.

¹⁴ La ré-oligotrophisation vient du terme oligotrophisation qui décrit les processus écologiques induits par une diminution des apports en nutriments mais après avoir été soumis à l'eutrophisation.

Les recherches INRA, en partenariat avec les pouvoirs publics et les gestionnaires de la pêche, ont permis d'améliorer et maîtriser l'élevage en pisciculture, de maintenir les deux espèces emblématiques et patrimoniales, le corégone et l'omble chevalier dans les lacs péri-alpins pendant la période d'eutrophisation et sans que la pêche soit interrompue. Les relâchers d'omble chevalier et de corégone à des stades juvéniles permettent une forte plus-value du produit car les poissons grandissant majoritairement dans le lac sont considérés proche de l'état sauvage, contrairement à des relâchers qui seraient effectués avec des poissons plus grands. Aujourd'hui, l'association APERA continue de coordonner l'ensemble des opérations mises en place dans le cadre du programme de pacage lacustre et les équipements permettent de produire plusieurs millions de poissons issus du milieu naturel pour les différents lacs péri-alpins.

La restauration du milieu et sensibilisation des usagers

Dans le Léman, la réhabilitation des corégones s'explique par la ré-oligotrophisation du milieu, renforcée par le pacage lacustre et l'évolution thermique (Gerdeaux, 2004 ; Anneville *et al.*, 2009). Le suivi des lacs et l'expertise dans des commissions scientifiques et consultatives par l'INRA a permis de contribuer à l'amélioration de la qualité de l'eau et du milieu. Pour conserver les ressources halieutiques, il a fallu continuer les recherches sur le milieu pour intensifier la restauration de l'écosystème pour retrouver un recrutement naturel dans les lacs péri-alpins.

Réglementation

En 1980, un accord international pour régler la pêche est signé entre le Conseil fédéral Suisse et le Gouvernement de la république française (concordat Franco-Suisse). Il entre en vigueur en 1982. Il a pour but d'harmoniser entre les deux États les dispositions concernant l'exercice de la pêche et d'assurer la protection de la ressource piscicole et de son milieu. Les articles 9 et 10 mettent l'accent sur les mesures de repeuplement par les établissements d'incubation et d'élevage des deux États ainsi que sur la recherche appliquée dans le domaine de l'hydrobiologie et des ressources halieutiques, en particulier sur la gestion, la santé et l'économie piscicole. De plus, les travaux scientifiques sur la reproduction des poissons, la dynamique des populations et les études de marquages ont permis de faire évoluer la réglementation de la pêche à plusieurs reprises (modalité des plans de repeuplement, définition des périodes de protections des poissons pendant leur reproduction, ajustement de l'effort de pêche). En effet, le changement des conditions du milieu aquatique a entraîné une modification des captures et le besoin de mettre en place une gestion adaptative de la pêche.

Publications scientifiques majeures

Caudron, A., Lasne, E., Gillet, C., Guillard, J., Champigneulle, A., 2014. Thirty years of reoligotrophication do not contribute to restore self-sustaining fisheries of Arctic charr, *Salvelinus alpinus*, in Lake Geneva. *Fisheries Research*, 154: 165-171. doi:10.1016/j.fishres.2014.01.023

Champigneulle, A., Rojas-Beltran, R., Gillet, C., Michoud, M., 1994. Maîtrise de l'élevage en bassins avec un aliment sec des corégones (*Coregonus lavaretus*) pour le repeuplement. *La pisciculture Française d'Eau Vive et d'Etang Saumâtre et Marine*, 116, 4-26.

Champigneulle, A., Michoud, M., Brun, J.C., 2001. Pacage lacustre de salmonidés (omble chevalier, corégone et truite) dans le lac Léman et le lac du Bourget. In: *Gestion piscicole des grands plans d'eau* (ed. Gerdeaux). Paris, France: INRA Editions, pp 349-421.

Gerdeaux, D., 2004. The recent restoration of the whitefish fisheries in Lake Geneva: the roles of stocking, reoligotrophication, and climate change. *Annales Zoologici Fennici*, 41: 181-189.

Gerdeaux, D., Anneville, O., Hefti, D., 2006. Fishery changes during re-oligotrophication in 11 peri-alpine Swiss and French lakes over the past 30 years. *Acta Oecologica*, 30(2): 161-167. [doi:10.1016/j.actao.2006.02.007](https://doi.org/10.1016/j.actao.2006.02.007)

Rojas-Beltran, R., Champigneulle, A., Vincent, G., 1995. Mass-marking of bone tissue of *Coregonus lavaretus* L. and its potential application to monitoring the spatio-temporal distribution of larvae, fry and juveniles of lacustrine fishes. *Hydrobiologia*, 300(1): 399-407. [doi:10.1007/BF00024481](https://doi.org/10.1007/BF00024481)

Circulation des connaissances et intermédiaires

Depuis sa création, l'APERA communique sur les avancées et résultats des repeuplements piscicoles dans les lacs péri-alpins à travers des ateliers et des journées portes ouvertes. L'APERA, la DDAF et de la Pisciculture de Rives a permis en 1989, dès le début du programme « pacage lacustre », des actions de communication et la diffusion des connaissances à travers différents posters et brochures. La participation de l'APERA et des scientifiques de l'INRA à des colloques comme les « Assises Nationales des Pêcheurs Professionnels » (dès la première session en octobre 1991 à Bayonne) ont permis d'échanger sur les actions de gestion et de valorisation de la ressource piscicole.

Les scientifiques communiquent, en plus des colloques nationaux et internationaux, par le biais de missions (séminaires dans les laboratoires d'accueil), des Assemblées générales du tissu associatif des pêcheurs professionnels et amateurs et d'articles scientifiques ou dans les revues annuelles des associations de pêche.

Deux grandes structures de gestion sont impliquées dans la gestion et la coordination (entre les acteurs et usagers) des lacs péri-alpins et communiquent l'ensemble des résultats à la population à travers les rapports annuels et leur site web. Au Léman, il s'agit d'une commission transfrontalière franco-suisse qui contribue depuis 1962 aux relations et la coordination de la politique de l'eau entre la France et la Suisse. La Commission Internationale pour la Protection des Eaux du Léman (CIPEL) est chargée d'étudier la qualité des eaux du lac et ses affluents et d'effectuer des recommandations auprès des gouvernements. Les missions sont de veiller et suivre l'état des eaux du Léman et du bassin versant, maintenir une qualité écologique des milieux aquatiques, mettre en relation des parties prenantes et mandate principalement des recherches pour déterminer la nature, l'origine et l'importance des pollutions. Au lac du Bourget, la gestion est assurée par le Comité Intercommunautaire pour l'Assainissement du Lac du Bourget (CISALB). Ce syndicat mixte a pour mission la gestion, la préservation et le suivi des milieux aquatiques, de lutter contre les pollutions de l'eau, la gestion piscicole, la mise en réseau des acteurs. Le responsable de la gestion des milieux aquatiques présente les résultats des études sur la qualité du milieu aquatique et l'état des ressources biologiques. Les scientifiques INRA puis INRAE interviennent en tant qu'experts dans les conseils scientifiques de ces commissions depuis leur création.

Dans le cadre du concordat Franco-Suisse concernant la pêche dans le Léman, une Commission consultative a été établie pour veiller à l'application de l'Accord et assurer la circulation des connaissances entre les deux États et se charge d'effectuer des propositions de modification du règlement d'application et de résoudre les difficultés de ce dernier. L'objectif est d'assurer la protection des ressources piscicoles, de leur habitat et d'harmoniser le règlement de pêche. La présidence est assurée en alternance tous les trois ans par la France ou la Suisse. La commission est constituée de deux groupes de travail (GT) : le GT « Plan d'Aménagement Piscicole » (PAP) et « Recherche Piscicole » (RP), sont composés les services de la pêche des cantons suisses, des représentants des pêcheurs professionnels et amateurs, des scientifiques dont INRA et d'experts. Ils

permettent de présenter des travaux de recherches et d'échanger sur les règlements piscicoles (une fois par an). Le GT PAP réfléchit aux changements de réglementation en s'appuyant sur les résultats du groupe de recherche piscicole. Ces changements sont proposés lors de la commission consultative et adoptés ou non dans le règlement d'application de l'accord entre le conseil fédéral suisse et le Gouvernement de la république Française ; le règlement concernant la pêche est modifié tous les cinq ans dans le Léman.

Concernant la pêche du lac du Bourget, l'INRA intervient chaque année dans le groupe de travail de la commission consultative afin de faire part des résultats de suivi réalisés en collaboration avec le CISALB.

Autres diffusions

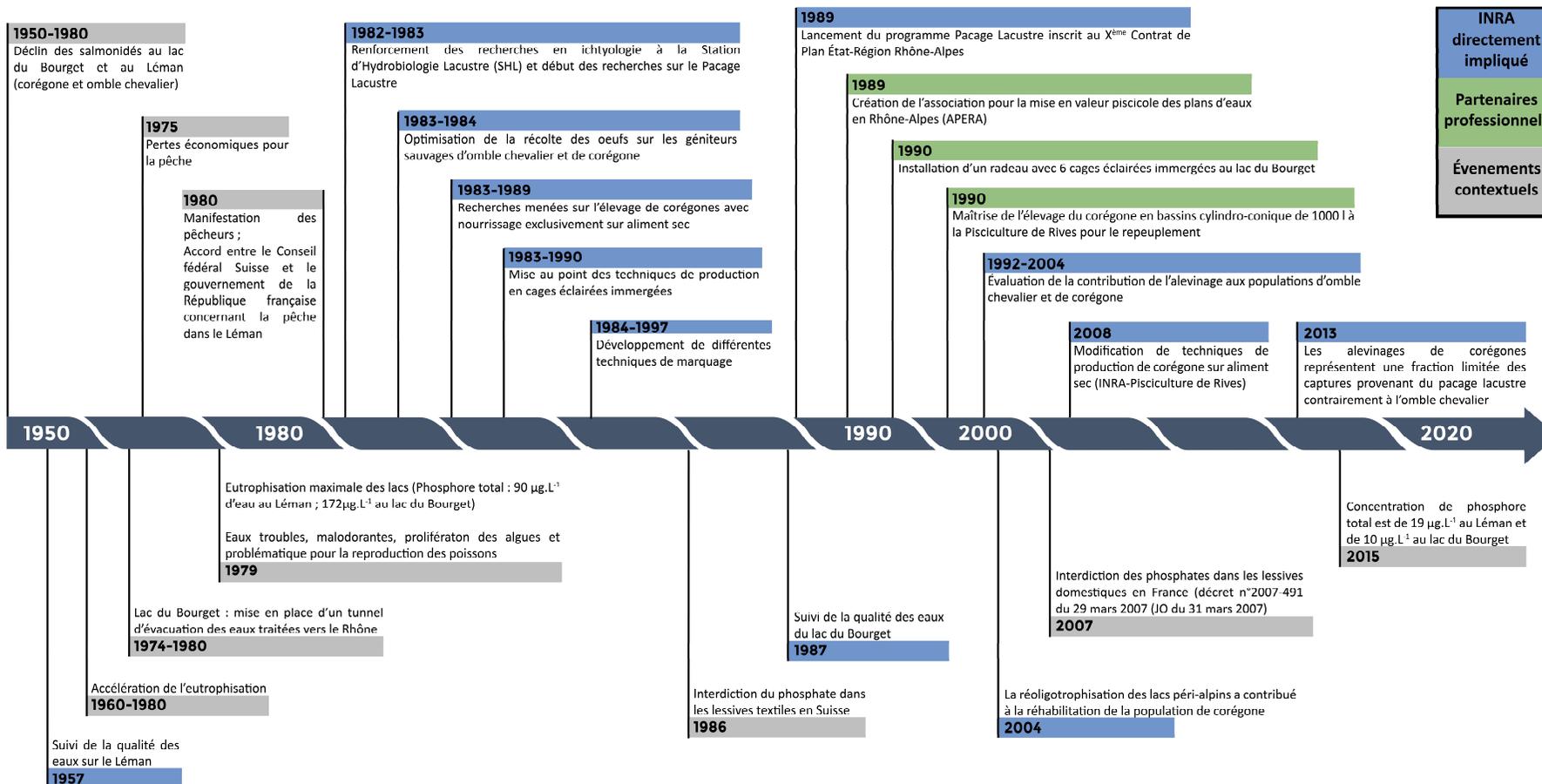
La diffusion des connaissances, sur les méthodes et les résultats du pacage lacustre, a été faite à travers la presse, dans des revues hebdomadaires et des livres. Plus d'une soixantaine d'articles de presse généraliste, une dizaine de revues spécialisées (Annexe 4, tab. 1, 2) et des sections dans des ouvrages sur la gestion piscicole et des grands plans d'eau mais aussi des ouvrages historiques, de voyage et touristiques (Champigneulle, 1985 ; Olive, 1986 ; Champigneulle, 1986 ; Huysecom, 1999 ; Champigneulle *et al.*, 2001 ; Arnold-Gagnaire, 2017).

De plus, deux manuels scolaires de « Science de la Vie et de la Terre » destinés aux élèves de 5^{ème} et de 2^{de} traitent spécifiquement les intrants qui peuvent être problématiques pour les écosystèmes aquatiques. Ces manuels décrivent la période d'eutrophisation dans le Léman et ses conséquences sur l'environnement et les populations de poissons comme le corégone (Bordi *et al.*, 2019 ; Boucher *et al.*, 2021) (Annexe 5).

Chronologie

Date (ou période)	Événement
1957	Début du suivi de la qualité des eaux du Léman
1982 - 1983	Début des recherches « pacage lacustre » : arrivée des scientifiques ichtyologues pour évaluation et amélioration des modes de repeuplement des salmonidés lacustres
1983 - 1984	Optimisation de la récolte des œufs sur les géniteurs sauvages autochtones
1983 - 1990	Mise au point des techniques de production des juvéniles de corégones à l'aide de cages éclairées immergées
1984 - 1989 (a) 1990 - 1997 (b)	Développement de différentes techniques de marquage, expérimentation INRA (a) puis au cours du pacage lacustre en collaboration avec l'APERA (b), permettant d'évaluer l'efficacité relative de l'alevinage
1983 - 1989	Conception et évaluation de l'élevage de corégone en bassins avec un aliment sec, de qualité et à faible coût
1987	Début du suivi de la qualité des eaux du lac du Bourget par l'INRA
1989	Mise en œuvre du programme « Pacage Lacustre » inscrit au Contrat Plan État-Région Rhône-Alpes (1989-1994)
1989	Création de l'APERA (Association pour la mise en valeur piscicole des Plans d'Eau en Rhône-Alpes)
1990 - 1993	Rénovation et agrandissement de la pisciculture domaniale de Rives de Thonon-les-Bains pour devenir la clé de voute du programme sur la réhabilitation des salmonidés lacustres
1990	Installation d'un radeau avec des cages éclairées immergées au lac du Bourget dans la baie de Grésine et nouveaux équipements à la pisciculture de Meillerie pour l'incubation des corégones
1990	Maîtrise de l'élevage de corégone sur aliment sec et en bassins cylindro-conique de 1000 l pour le repeuplement en masse
1992 - 2004	Premier impact : Évaluations et résultats montrent l'impact chiffré de la contribution de l'alevinage aux populations de salmonidés, en parallèle de l'amélioration de la qualité des eaux des lacs péri-alpins
2008	Mise en place de modifications techniques de la production de corégone sur aliment sec pour augmenter le taux de survie jusqu'au stade d'alevins ; INRA en collaboration avec la Pisciculture de Rives
2013	La contribution de l'alevinage aux populations de corégone représente une fraction limitée des captures contrairement à l'omble chevalier

Chronologie :



Impacts

Économique

Dès les années 1990, le succès du pacage lacustre des salmonidés dans les lacs péri-alpins a permis de stabiliser le revenu des pêcheurs professionnels et à maintenir leur activité en synergie avec la restauration de la qualité des eaux. La production de la pêche est commercialisée par les pêcheurs auprès des particuliers, des restaurateurs et des mareyeurs. La rentabilité des opérations d'alevinage a été favorisée par la mise au point et l'optimisation des techniques de production à grande échelle et la réduction des coûts (e.g. optimisation de la récolte des œufs, bacs cylindro-coniques de 1000 l, conception d'un aliment sec à moindre coût pour la production d'alevin de corégone, etc.).

L'étude du bilan économique du programme de pacage lacustre effectuée par Gagnaire (1994) estime le chiffre d'affaires minimum de la filière de l'omble chevalier au Léman de 3,83 à 4,72 millions de francs (\approx 778 000 à 959 000 €). Le chiffre d'affaires pour les pêcheurs professionnels est passé de 280 000 F (56 900 €) en 1987 à 1 100 000 F (223 000 €) en 1993. En 1989, pour 10 F consacrés à la production d'omble chevalier, la valeur estimée de recapture était de 27 à 35 F à 40 à 50 F en 1993. Pour le corégone, pour un coût de production de pré-estivaux de 10 F, cela pouvait générer 29 à 35 F en cage éclairée en 1990 et jusqu'à 75 F grâce aux techniques de production sur aliment sec en 1993. Aujourd'hui, le prix du kilo de corégone entier de corégone dans le Léman s'écoule à environ 10 € et entre 20 € et 30 € le kilo en filet ; le poisson s'affiche entre février et octobre tous les jours à la carte de nombreux restaurants et sous toutes ses formes (simplement cuit, cru ou fumé).

Pour la pêche de loisir, le nombre de licences a fortement augmenté au cours des années et les dépenses sont importantes pour les fournitures et services (locations de bateaux, achat de matériel de pêche, emplacement et entretiens des bateaux, hôtellerie, restauration). D'après Mauger (2016), les retombées économiques liées à la pêche de loisir dans le Léman français sont évaluées à minima à plus de 10 M€ annuel et l'impact financier touristique de plus de 1 M€ annuel. Les retombées pour le lac du Bourget sont estimées à minima à prêt de 2 M€ annuel hors bateau (achat, entretien, amarrage et mise à l'eau) (Versant Sud Développement, 2014). Dans les lacs péri-alpins, la pêche des salmonidés reste très attractive en raison de son intérêt halieutique, de son attrait et de sa popularité auprès des pêcheurs de loisir. En effet, elle rassemble le plus grand nombre de pêcheurs parmi toutes les espèces pêchées dans ces lacs (Cachera et Hofmann, 2015).

Nous pouvons souligner que la pêche de loisir a un poids économique important. Ceci est en partie dû aux circuits économiques annexes d'équipements de pêche, des coûts liés aux bateaux mais aussi aux dépenses touristiques connexes (restauration, hôtellerie, ect.) (Mauger, 2016).

Environnemental

Le pacage lacustre a permis la réhabilitation et le maintien de l'omble chevalier et du corégone, espèces emblématiques des lacs péri-alpins qui avaient régressé durant la phase d'eutrophisation des lacs (Annexe 1).

De plus, la réhabilitation des poissons avec des œufs de géniteurs issus du milieu naturel des lacs péri-alpins a permis de tenter de conserver le patrimoine génétique. Cependant, l'acquisition des œufs lors des pêches exceptionnelles à une période très spécifique de l'année, alors que la reproduction s'étale sur plusieurs semaines, mais aussi une phase de croissance en pisciculture et les relâchers ensuite entraînent nécessairement une certaine sélection (voir ci-dessous les impacts potentiels), potentiellement négative vis-à-vis du patrimoine génétique originel.

Enfin, la restauration du milieu et la ré-oligotrophisation qui s'en est suivi ont permis l'amélioration de la qualité des eaux, une évolution des communautés phyto-planctoniques, et donc une meilleure oxygénation des frayères, entraînant une meilleure reproduction naturelle des populations de poissons.

Politique

L'organisation des pêches exceptionnelles pour la récolte des œufs de géniteurs d'omble chevalier et de corégone est définie par un arrêté préfectoral au lac du Bourget et au Léman. Le 29 mars 1990, un sénateur de Haute-Savoie a attiré l'attention du secrétaire d'État auprès du Premier Ministre, chargé de l'environnement et de la Prévention des risques technologiques et naturels majeurs, afin de faire évoluer la réglementation pour autoriser la vente des géniteurs issus des pêches exceptionnelles. Pour ne pas mettre en péril les opérations de pacage lacustre dans le cadre du contrat de Plan État-Région Rhône-Alpes, le ministère de l'environnement avait alors statué une modification rapide des aménagements réglementaires nécessaires pour poursuivre la pêche des géniteurs et autoriser leur vente par les professionnels.

En 1996, l'association « Union Alpine pour le Développement de la Pêche de Loisirs » a contesté devant le tribunal administratif de Grenoble la légalité de la vente des géniteurs capturés par les professionnels pendant les pêches exceptionnelles selon l'article L.236-9 du code rural. En 2001, le président du conseil général de Savoie a soumis une demande d'autorisation de la pêche pendant cette période sur le lac du Bourget au Ministre de l'Agriculture et de la Pêche. En 2002, le gouvernement a inséré un article de loi, modifiant l'article du code de l'environnement en question et a été adopté en première lecture par l'Assemblée nationale.

D'après l'Accord international de 1982 entre le Conseil fédéral Suisse et le Gouvernement de la république française sur le Léman, des quotas d'alevinages (d'après l'article 53 du règlement d'application) sont mis en place pour assurer le maintien des populations d'ombles chevalier et de corégonnes, ainsi que pour favoriser le maintien du savoir-faire de la production d'alevins de corégone principalement à la pisciculture de Rives. L'alevinage est effectué uniquement à partir des géniteurs issus du milieu naturel local, d'après l'aboutissement des décisions prises dans le cadre du programme de pacage lacustre.

Les différents travaux de l'INRA (puis INRAE) et les ouvrages de vulgarisation, ont participé aux connaissances utilisées dans les débats publics comme les commissions techniques de la pêche, les conférences de presse et les assemblés générales des pêcheurs professionnels et amateurs. De plus, l'INRAE fournit chaque année une expertise scientifique dans les commissions de pêche permettant de contribuer à la réglementation de la pêche sur le Léman et le lac du Bourget et participe au vote pour le plan d'aménagement piscicole du Léman.

Enfin, l'APERA a maintenu les échanges avec les élus pour maintenir la pisciculture domaniale de Rives quand l'Etat a souhaité s'en détacher au cours des données 1996/1997 (Arnold-Gagnaire L., 2022, pers. comm.).

Sanitaire

C'est surtout les actions ayant permis d'améliorer la qualité des eaux des lacs qui auraient eu des effets potentiels sur le plan sanitaire pour l'homme.

La ré-oligotrophisation du lac et les efforts dans l'assainissement des lacs ont contribué à améliorer la qualité et l'accès à l'eau potable, à moindre coût et des bio-ressources. En particulier les efflorescences de cyanobactéries, potentiellement toxiques sont en diminution.

L'amélioration du cadre de vie, du stress et du bien-être favorisée par l'absence des désagréments olfactifs et l'amélioration de la transparence du lac.

Enfin, l'augmentation de la disponibilité des ressources piscicoles permet d'avoir accès à une alimentation de qualité gustative et nutritionnelle, de proximité, favorisant les circuits courts. Cependant, nous ne disposons d'aucun indicateur de l'impact pour la santé humaine de l'amélioration de la fourniture en poissons locaux pour les populations humaines, locales et des touristes.

Social, territorial

Le package lacustre a reposé sur la création de l'association APERA permettant de structurer et renforcer la collaboration entre les pêcheurs professionnels et les associations de pêcheurs amateurs des lacs péri-alpins (une première en France).

L'augmentation du nombre de capture de salmonidés a favorisé les guides de pêche sur le Léman.

Le soutien des populations piscicoles a permis de maintenir l'activité patrimoniale de la pêche sur les lacs. Au Léman, les emplois ont été consolidés et les départs en retraite ont été compensés avec un rajeunissement des pêcheurs.

Les techniques de marquage sont utilisées par les associations de pêche, les gestionnaires (e.g. mise en place du marquage des corégones par le CISALB en collaboration avec la Fédération de Savoie pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique) et aussi des bureaux d'études (exemple SCIMABIO-Interface).

L'Écomusée de la pêche et du lac à Thonon-les-Bains, avec plus de 6000 visiteurs par an, permet de conserver la mémoire et le patrimoine historique de la pêche. Il est visité par des scolaires, des touristes mais aussi par des scientifiques étrangers lors de leur passage. Le package lacustre et les actions effectuées à l'INRA (INRAE) alimentent le dossier pédagogique de l'écomusée mais aussi des documents pédagogiques.

À partir des années 1990, la consommation de poisson cru ou fumé dans les restaurants s'est popularisée grâce à une augmentation de l'abondance des corégones dans le Léman et le lac du Bourget. La mise en avant d'un poisson produit localement a donné un atout supplémentaire à la gastronomie régionale avec le développement de différentes recettes permettant de s'imposer depuis plus de 20 ans aux tables des restaurants (Montuelle et Clemens, 2015). De plus, l'augmentation des captures d'omble chevalier à la fin des années 1980 a permis d'offrir à nouveau ce poisson noble et rémunérateur à la carte des restaurants (Plassat R., 2022, pers. comm.).

Dans le cadre des pêches exceptionnelles, les prélèvements des géniteurs d'omble chevalier et de corégone du package lacustre ont été offerts pendant plusieurs années aux « Restos du cœur », avant la législation sur l'autorisation des ventes des poissons des pêches exceptionnelles pendant les périodes de fermeture légale.

Impacts potentiels

Le package lacustre a permis de soutenir les populations de corégone et d'omble chevalier quand leurs abondances étaient au plus bas, en parallèle de la ré-oligotrophisation des lacs qui a facilité

leurs réhabilitations. Il est à noter que la contribution du pacage lacustre pour le corégone représente pour la dernière décennie une fraction limitée des captures, contrairement à l'omble chevalier (Champigneulle et Caudron, 2013). De nouvelles campagnes de marquage permettront d'actualiser les estimations de la contribution présente du pacage lacustre aux populations de salmonidés (Cachera S., 2023, pers. comm). Ces populations de salmonidés ont été fortement modifiées dans leur abondance au cours de la période d'eutrophisation et de ré-oligotrophisation, entraînant des changements significatifs sur le peuplement piscicole des lacs péri-alpins. Dans ce contexte, de nombreuses questions subsistent sur les relations intra et inter-spécifique (e.g. compétition, prédation, habitat, génétique), sur la capacité d'accueil du milieu et les méthodes de gestion à long terme.

Tout d'abord, l'évolution des populations de corégone et d'omble chevalier et la ré-oligotrophisation du milieu ont entraîné des évolutions dans les relations inter-spécifique piscicole et l'ensemble du réseau trophique. L'augmentation des populations de corégone pourrait avoir conduit à une plus forte compétition trophique avec l'omble chevalier, par exemple pour le zooplancton à certaines périodes de l'année. De plus, la ré-oligotrophisation, avec l'augmentation de la transparence de l'eau, a favorisé le développement des macrophytes, propices pour la fraie naturelle du brochet (*Esox lucius*), permettant ainsi le développement de sa population. L'étude réalisée par Champigneulle et Caudron en 2013 a mis en évidence des phénomènes de prédation du brochet sur l'omble chevalier. De plus, elle a suggéré que la présence de brochets dans les omblières peut perturber le déroulement naturel du frai.

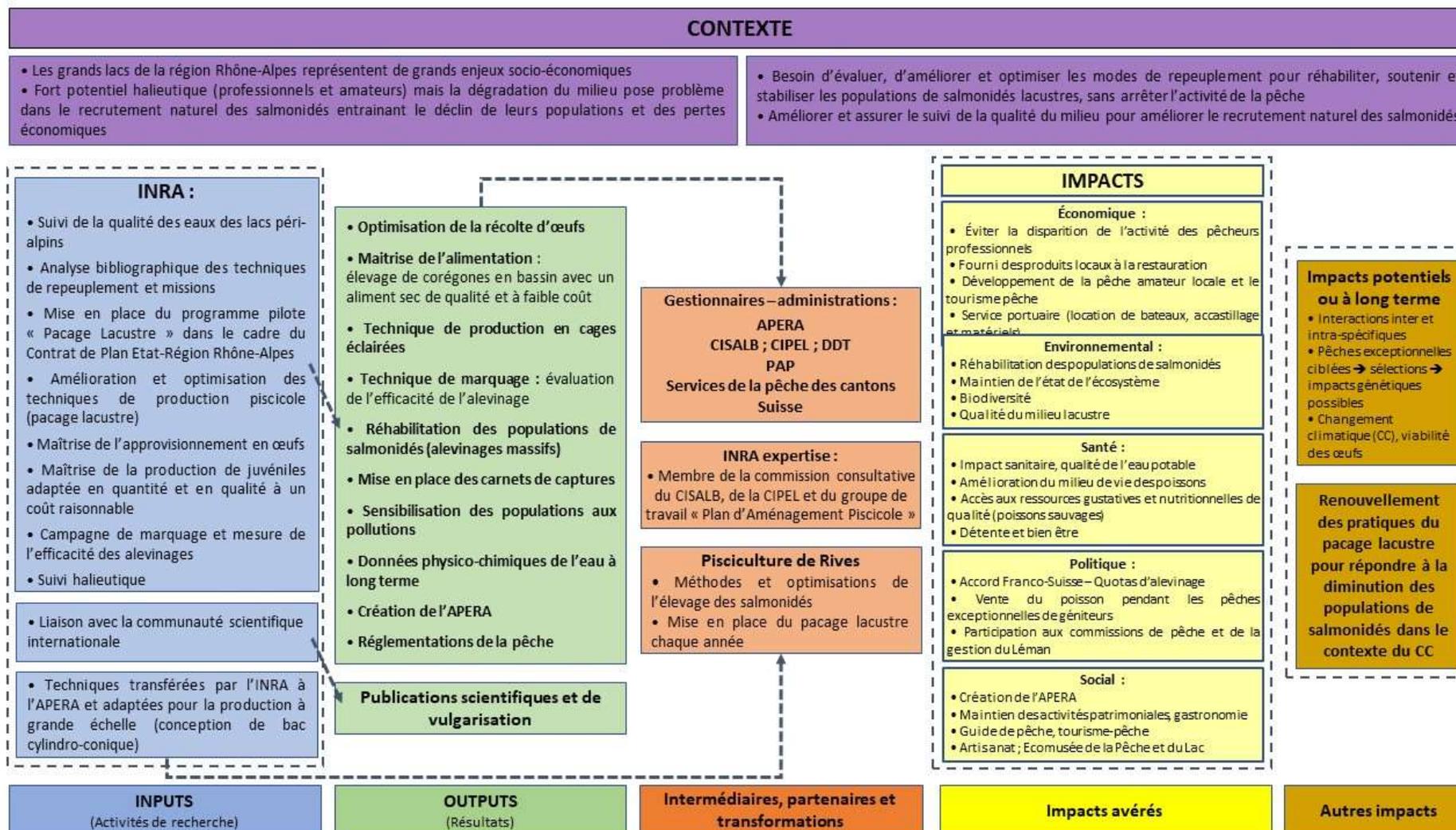
Les méthodes de repeuplement à partir des géniteurs autochtones pourraient potentiellement induire une diminution de la variabilité génétique. En effet, l'effet de la domestication des corégones et des ombles chevaliers en pisciculture, même si les temps de passage sont courts, pourrait entraîner une moins bonne valeur sélective (fitness) des individus. Les premiers stades de vie en pisciculture (incubation, résorption, première alimentation) ne sont pas soumis à la sélection naturelle qui s'exerce *in situ* (température, pression, lumière, alimentation, mémorisation olfactive, etc.). En pisciculture, les facteurs environnementaux sont contrôlés et il n'y a pas de prédation au cours du développement. De plus, la méthodologie de récolte des œufs de corégone et d'omble chevalier induit par nature une sélection : les pêches exceptionnelles sont effectuées avec des filets d'une maille spécifique influençant la sélection de la taille des géniteurs ; les pêches sont effectuées aux mêmes périodes depuis de nombreuses années et induisent la sélection des géniteurs se reproduisant à cette période. Les géniteurs précoces (début-mi-novembre) ou tardifs (mi-décembre à mi-janvier) ne contribuent pas alors que dans le cadre du réchauffement climatique, qui impacte les populations d'omble chevalier (Gerdeaux, 2011), les géniteurs tardifs sont potentiellement d'autant plus importants dans l'adaptation aux conditions climatiques changeantes et donc *in fine*, à la survie des populations.

Les pratiques de gestion et la pêche ont contribué à une diminution de la diversité génétique du corégone (Anneville *et al.*, 2015). En revanche, l'utilisation de géniteurs locaux dans les pratiques de repeuplements, a permis de retrouver une diversité génétique chez l'omble chevalier proche de celle d'origine selon Savary *et al.* (2017). Cette pratique d'utiliser les géniteurs locaux s'oppose aux pratiques de repeuplement antérieures qui utilisaient des populations allochtones. Pourtant, la variabilité génétique reste un moteur important pour assurer les changements évolutifs et l'adaptations des espèces aux changements environnementaux comme le réchauffement climatique (Meffe, 1995). Il est donc important de poursuivre les études scientifiques sur les méthodes de

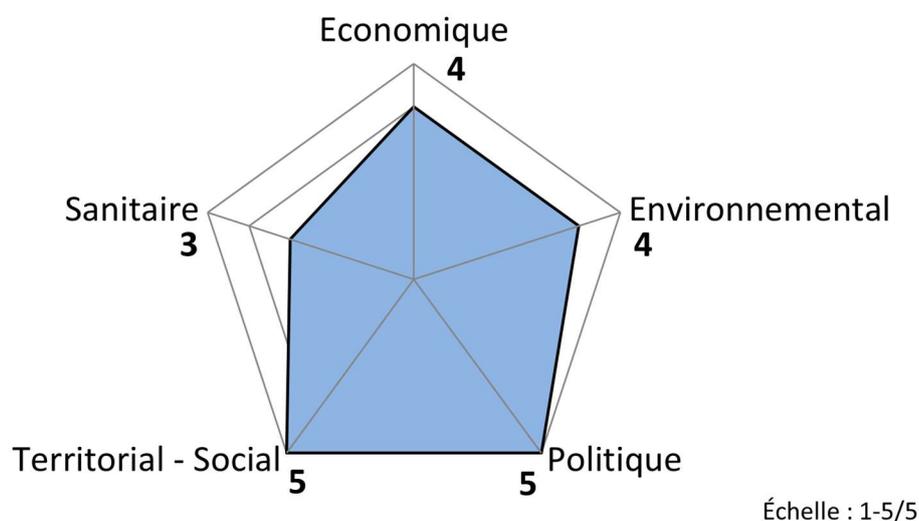
repeuplement et sur l'écologie des espèces pour assurer une bonne conservation des populations piscicoles patrimoniales.

Enfin, l'omble chevalier dans les lacs péri-alpins se trouvant à la limite Sud de son aire de répartition (Gerdeaux, 2011), dans le contexte du changement climatique (Desgué-Itier *et al.*, 2023), sa population pourrait être menacée. En effet, l'augmentation de la température de l'eau influencera les taux de survie des œufs et leur développement (Mari *et al.*, 2021). Cette thématique de recherche est en développement depuis quelques années à l'INRAE pour répondre à la nécessité d'étudier le potentiel adaptatif de l'omble chevalier aux effets du changement climatique, sur son écophysiologie de la reproduction, la capacité d'accueil du milieu et vérifier si la population d'omble chevalier est naturellement fonctionnelle. L'ensemble des résultats scientifiques pourront alimenter les réflexions sur les différentes mesures de gestion pour soutenir ces populations.

Chemin d'impact



Les impacts en résumé



Dimension d'impact	Notation de l'importance de l'impact : de 1 à 5	Résumé de chacun des impacts
Economique	4	Dynamique de la filière pêche professionnelle et amateur.
Environnemental	4	Réhabilitation des salmonidés lacustres et maintien de l'état de l'écosystème.
Sanitaire	3	Amélioration de la qualité des eaux, bien-être.
Territorial-social	5	Création d'associations, maintien des activités patrimoniales, écomusée, artisanat.
Politique	5	Continuité des quotas d'alevinage dans l'Accord Franco-Suisse, participations aux commissions de pêche et réglementations de la pêche.

Glossaire :

AAPPMA : Association Agréée de Pêche et de Protection des Milieux Aquatiques, a pour mission pour le compte de l'État, l'encaissement des cotisations pour les milieux aquatiques, la gestion et l'entretien des berges, la gestion des ressources piscicole et la protection de l'environnement.

AAIPPLA : Association Agréée Interdépartementale des Pêcheurs Professionnels des Lacs Alpains, créée en 1985, participe à la protection, la mise en valeur et la surveillance du domaine piscicole ou ses membres détiennent des droits de pêche.

ANVAR : Agence Nationale de Valorisation de la Recherche, créée en 1967, est un ancien établissement public à caractère industriel et commercial ayant pour but de financer et accompagner les projets innovants des entreprises et des grands laboratoires publics et/ou universitaires français.

APERA : Association pour la mise en valeur Piscicole des plans d'Eau en Rhône-Alpes, a été créée en 1989 pour la mise en œuvre du programme du Pacage lacustre et s'occupe de la gestion administrative et financière de la pisciculture domaniale de Rives à Thonon-les-Bains et chargée du repeuplement des grands lacs Alpains.

ASL : Association pour la Sauvegarde du Léman, est une association citoyenne franco-suisse créée en 1980 pour lutter pour la protection de la qualité biologique et chimique de l'eau du Léman et du bassin lémanique et la sensibilisation des communautés environnantes.

CSP : Conseil Supérieur de la Pêche, créée en 1948, était un établissement public de l'État qui avait pour but le maintien, l'amélioration et la mise en valeur du domaine piscicole national. Aujourd'hui, les missions sont confiées à l'Office Français de la Biodiversité (OFB) pour la protection et la restauration de la biodiversité sous la tutelle des ministères de la Transition écologique et de l'Agriculture et de l'alimentation.

DDT : Direction Départementale des Territoires, créée depuis 2010, est un service déconcentré de l'État français placé sous l'autorité du préfet de département dans les domaines des politiques d'aménagement et de développement durables des territoires urbains et ruraux.

INRA : Institut National de la Recherche Agronomique (INRAE depuis 2020).

INRAE : Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'alimentation et l'Environnement, est un établissement public à caractère scientifique et technologique français sous la tutelle du ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation et celui chargé de l'Agriculture et de l'Alimentation. Les missions sont de développer différents travaux de recherche scientifique globalement sur les thématiques de l'agriculture, l'alimentation et l'environnement.

SHL : Station d'Hydrobiologie Lacustre est un laboratoire de recherche INRA. Depuis 1999, il existe sous la forme d'une Unité Mixte de Recherche (UMR), composé des équipes de l'Institut National de Recherche Agronomique (INRA) (aujourd'hui Institut National de Recherche en Agriculture, Alimentation et Environnement « INRAE ») et de l'Université de Savoie Mont Blanc (USMB) qui se situe sur le site de Thonon-les-Bains sous le nom de CARTEL (Centre Alpin de Recherche sur les Réseaux Trophiques et les Écosystèmes Limniques).

SIVOM : Syndicat Intercommunal à VOcations Multiples, est un établissement public de coopération intercommunale (EPCI) français qui regroupe plusieurs communes autour de problématique commune comme la collecte et de traitement des ordures ménagères.

Source des données

Entretiens réalisés (2022) et remerciements :

Baulaz, Yoann, Chargé de recherche chez France Énergies Marines, expert sur les services écosystémiques des lacs péri-alpins.

Cachera, Sébastien, Responsable de la gestion du milieu aquatique du CISALB (Comité Intercommunautaire pour l'Assainissement du Lac du Bourget).

Gagnaire, Alain, Ancien président et vice-président du groupe français de l'ASL (Association pour la Sauvegarde du Léman).

Arnold-Gagnaire, Luce : Coordinatrice de l'APERA de 1989 à 2012.

Michoud, Max, Ancien responsable technique à la pisciculture de Rives dans la Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt de Haute-Savoie et partenaire du programme pilote « Pacage Lacustre ».

Perdrizet, Christophe, Directeur de la pisciculture de Rives et Président de l'APERA (2022-).

Plassat, Roger, Pêcheur et dirigeant du restaurant Les cygnes (Margencel), président de l'AAIPPLA (Association Agréée Interdépartementale des Pêcheurs Professionnels des Lacs Alpains) durant deux mandats de 1999 à 2012.

Alexis Tite, Responsable de production de la pisciculture de Rives (2007-).

Références :

Anneville, O., Souissi, S., Molinero, J.C., and Gerdeaux, D., 2009. Influences of human activity and climate on the stock-recruitment dynamics of whitefish, *Coregonus lavaretus*, in Lake Geneva. *Fisheries Management and Ecology*, 16(6): 492-500. [doi:10.1111/j.1365-2400.2009.00703.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2400.2009.00703.x)

Anneville, O., Lasne, E., Guillard, J., Eckmann, R., Stockwell, J. D., Gillet, C., and Yule, D. L., 2015. Impact of fishing and stocking practices on coregonid diversity. *Food and Nutrition Sciences*, 6(11): 1045-1055. [doi: 10.4236/fns.2015.611108](https://doi.org/10.4236/fns.2015.611108)

Arnold-Gagnaire, L., 2017. La pisciculture de Rives et le pacage lacustre. In: *Guérites et pêcheurs du Léman* (eds: Bondaz, G., Ticon, J., Coex, M., and Mouchet, G.). Salavre: Cleyriane Editions, pp. 102-106.

Aronson, J., Floret, C., Le Floc'h, E., Ovalle, C., and Pontanier, R., 1995. Restauration et réhabilitation des écosystèmes dégradés en zones arides et semi-arides. Le vocabulaire et les concepts. In: *L'homme peut-il refaire ce qu'il a défait* (eds. Pontanier, R., Hiri, A.M., Akrimi, N., Aronsin, J., and Le Floc'h, E.), Paris, France: John Libbey, Eurotext, pp. 11-29.

Baulaz, Y., 2020. *Évolution des socio-écosystèmes des grands lacs alpins et leurs services écosystémiques à l'épreuve des pollutions*. Thèse, Université Savoie Mont-Blanc, pp. 480.

Barroin, G., 2003. Phosphore, azote et prolifération des végétaux aquatiques. *Le Courrier de l'environnement de l'INRA*, 48(48): 13-25.

Bergot, P., Charlon, N., and Alami-Durante, H., 1986. The effects of compound diets feeding on growth and survival of coregonid larvae. *Ergebnisse der Limnologie*, 22: 265-272.

- Bordi, C., Capelli, B., Lapaquette, P., Pellenard, P., Venner, M-C., Wojcik, M. (2019). Des intrants parfois problématiques. In: *SVT Sciences de la Vie et de la Terre 2^{de}*. France: Lelivrescolaire.fr Éditions, pp. 125
- Boucher, B., Boudjemai, R., Châtelain, A., Fouquet, C., Laborie, A.-L., Lafond, L., Le Goff, R., Michel-Lauret, N., 2021. Des actions humaines qui modifient la biodiversité. In: *Cahier de SVT 5^e*. France: Nathan, pp. 66.
- Boutry, E., 1983. Les corégones du Léman: pêche, repeuplement et essais d'élevage de juvéniles en cages immergées. Rapport, Institut de Limnologie, I.L. 83/10, pp. 32.
- Cachera, S., 1997. Contribution à la mise au point et l'utilisation du fluoromarquage des otolithes de Salmonidés (*Coregonus lavaretus* et *Salmo trutta*). Rapport de Maitrise de Biologie des Populations et des Ecosystèmes, Université des Sciences et Technologies, Lille, France, pp. 28.
- Cachera, S., Hofmann, F., 2015. Comment est organisée la pêche sur les lacs ? Comment est-elle réglementée ? In: *Le tour des grands lacs alpins naturels en 80 questions* (dir., Montuelle, B., and Clémens, A.). Lyon, France: Graie, 2015. p. 80-81.
- Caudron, A., and Champigneulle, A., 2006. Technique de fluoromarquage en masse à grande échelle des otolithes d'alevins vésiculés de truite commune (*Salmo trutta*) à l'aide de l'alizarine red S. *Cybiuim*, 30(1): 65-72. doi:10.26028/cybiuim/2006-301-008
- Caudron, A., and Champigneulle, A., 2009. Multiple marking of otoliths of brown trout, *Salmo trutta* L., with alizarin redS to compare efficiency of stocking of three early life stages. *Fisheries Management and Ecology*, 16(3): 219-224. doi:10.1111/j.1365-2400.2009.00661.x
- Champigneulle, A., and Escomel J., 1982. Compte rendu de mission en Tchécoslovaquie. Station d'Hydrobiologie Lacustre, INRA, Thonon, pp. 8.
- Champigneulle, A., Gerdeaux, D., and Gillet, C., 1983a. Les pêches de géniteurs de corégone dans le Léman français en 1982. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 290: 149-157. doi:10.1051/kmae:1983006
- Champigneulle, A., 1983b. Compte rendu de mission en Pologne. Station d'Hydrobiologie Lacustre, INRA, Thonon, pp. 25.
- Champigneulle, A., 1983c. Compte rendu de mission en Allemagne de l'Est. Station d'Hydrobiologie Lacustre, INRA, Thonon, pp. 10.
- Champigneulle, A. and Escomel, J., 1984. Technical note: marking small salmonids by removal of the adipose or the tow pelvic fins. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 293-294: 52-58. doi:10.1051/kmae:1984004
- Champigneulle, A., 1985. Analyse bibliographique des problèmes de repeuplement en omble chevalier (*Salvelinus alpinus*), truite fario (*Salmo trutta*) et coregonos (*Coregonus sp.*) dans les grands plans d'eau. In: *Gestion Piscicole des Lacs et Retenues Artificielles* (eds. Gerdeaux, D. and Billard, R.). INRA Editions, Paris, France, pp. 187-217.
- Champigneulle, A., 1986. Repeuplement des salmonidés dans les lacs. In: *Leman : expressions sans rivages* (ed. Ménaché, M.). France: La Manufacture, pp. 73-77.
- Champigneulle, A., Escomel, J., and Laurent, P., 1987. Marking small arctic chars (*Salvelinus alpinus*) by injection of magnetized microtags. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 304: 22-31. doi:10.1051/kmae:1987012
- Champigneulle, A., Michoud, M., Gerdeaux, D., Gillet, C., Guillard, J., and Rojas-Beltran, R., 1988. Suivi des pêches de géniteurs d'omble chevalier (*Salvelinus alpinus* L.) sur la partie française du lac Léman de 1982 à 1987. Premières données sur le pacage lacustre de l'omble. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 310: 85-100. doi:10.1051/kmae:1988008

- Champigneulle, A., Boutry, E., Dewaele, P., and Maufoy, C., 1986. Rearing of larvae of Lake Lemman coregonids in France. Preliminary data on the production in small ponds, illuminated cages and tanks. *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.*, 22: 241-264.
- Champigneulle, A., 1988. A first experiment in mass-rearing of coregonid larvae in tanks with a dry food. *Aquaculture*, 74(3-4): 249-261.
- Champigneulle, A., Michoud, M., and Brun, J. C., 1989. Projet pacage lacustre ou optimisation des repeuplements de salmonidés lacustres en région Rhône-Alpes. Avant-projet technique et premier chiffrage d'une opération pilote. Rapport Institut de Limnologie, I.L. 46-89, pp. 45.
- Champigneulle, A., Guillard, J., and Rojas-Beltran, R., 1991. Programme pilote et recherches appliquées au pacage lacustre de salmonidés (Oct. 1991). Rapport Institut de Limnologie, I.L. 61-91, pp. 78.
- Champigneulle, A., and Gerdeaux, D., 1992. Survey of experimental stockings (1983-85) of Lake Geneva with spring-prefed *Coregonus lavaretus* Fry (3-4,5 cm). *Polskie Archiwum Hydrobiologii*, 39: 721-729.
- Champigneulle, A., and Gerdeaux, D., 1993. The recent rehabilitation of the Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) fishery in Lake Geneva. In: *Rehabilitation of Freshwater Fisheries* (ed. I.G. Cowx). London: Fishing News Books, Blackwell Scientific Publication, pp. 293-301.
- Champigneulle, A., Rojas-Beltran, R., Gillet, C., and Michoud, M., 1994a. Maîtrise de l'élevage en bassins avec un aliment sec des corégones (*Coregonus lavaretus*) pour le repeuplement. *La Pisciculture Française d'Eau Vive et d'Etang Saumâtre et Marine*, 116, 4-26.
- Champigneulle, A., Rojas-Beltran, R., Gerdeaux, D., and Gillet, C., 1994b. Programme pilote et recherches appliquées au pacage lacustre de salmonidés (Février 1994). II - Rapport final des travaux sur les corégones. Rapport Institut de Limnologie, I.L. 73-94, pp. 75.
- Champigneulle, A., and Gerdeaux, D., 1995. Survey, management and recent rehabilitation of the Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) fishery in the French-Swiss Lake Lemman. *Nordic Journal of Freshwater Research*, 71: 173-182.
- Champigneulle, A., Michoud, M., and Brun, J.C., 2001. Pacage lacustre de salmonidés (omble chevalier, corégone et truite) dans le lac Léman et le lac du Bourget. In: *Gestion piscicole des grands plans d'eau* (ed. Gerdeaux). Paris, France: INRA Editions, pp 349-421.
- Champigneulle, A., and Cachera, S., 2003. Suivi des populations de salmonidés soumises à pacage lacustre. A. Lac du Bourget : Omble et corégone et relai avec le Contrat Lac. B. Nouvelles recherches sur la truite en système lac-affluents. Rapport S.H.L. 227-2003, INRA, Thonon, pp. 75.
- Champigneulle, A., and Cachera, S., 2008. Evaluation de la stratégie de pacage lacustre (repeuplement en lac) pour le corégone (*Coregonus lavaretus*) au lac du Bourget. Rapport S.H.L. 284-2008, INRA, Thonon, pp. 45.
- Champigneulle, A., and Caudron, A., 2013. Projet franco-suisse « Truite-Omble-Corégone au Léman ». Rapport final (septembre 2013), pp. 110.
- Dabrowski, K., Charlon, N., Bergot, P., and Sadasivam, K., 1983. Rearing of coregonid (*Coregonus schinzi palea* Cuv. et Val.) larvae using dry and live food I. Preliminary data. *Aquaculture*, 41(1): 11-20.
- Desgué-Itier, O., Melo Vieira Soares, L., Anneville, O., Bouffard, D., Chanudet, V., Danis, P. A., ... & Jenny, J. P. (2023). Past and future climate change effects on the thermal regime and oxygen solubility of four peri-alpine lakes. *Hydrology and Earth System Sciences*, 27(3), 837-859. doi.org/10.5194/hess-27-837-2023
- Dewaele, P., 1983. Prégrossissement en bassin des alevins de corégones. Rapport Institut de Limnologie, I.L. 83/11, pp. 29.

- Gagnaire L., 1988. Rôle de la pêche française au Léman dans l'économie locale du Chablais. Rapport Institut de Limnologie, I.L. 42-88, pp. 93.
- Gagnaire, L., 1994. Projet-pilote de pacage lacustre 1989-1993, Bilan sommaire. A.P.E.R.A. Association pour la mise en valeur piscicole des Plans d'Eaux en Rhône-Alpes, Thonon, France, pp. 5.
- Gelchu, A., and Pauly, D. (2007). Growth and distribution of port-based global fishing effort within countries' EEZs from 1970 to 1995. *Fisheries Centre Research Reports*, 15(4): 99.
- Gerdeaux, D., 1996. Exploitation et gestion des populations piscicoles lacustres. *INRA Productions animales*, Hors-série, pp. 135-140.
- Gerdeaux, D., 2004. The recent restoration of the whitefish fisheries in Lake Geneva: the roles of stocking, reoligotrophication, and climate change. *Annales Zoologici Fennici*, 41(1): 181–189.
- Gerdeaux, D., and Janjua, M. Y. (2009). Contribution of obligatory and voluntary fisheries statistics to the knowledge of whitefish population in Lake Annecy (France). *Fisheries research*, 96(1): 6-10. doi.org/10.1016/j.fishres.2008.09.016
- Gerdeaux, D., 2011. Does global warming threaten the dynamics of Arctic charr in Lake Geneva?. *Hydrobiologia*, 660(1): 69-78. [doi:10.1007/s10750-010-0412-7](https://doi.org/10.1007/s10750-010-0412-7)
- Gillet, C., 1989. Le déroulement de la fraie des principaux poissons lacustres. *Hydroécologie Appliquée*, 1: 117-143. [doi:10.1051/hydro:1989006](https://doi.org/10.1051/hydro:1989006)
- Guillard, J., Gillet, C., and Champigneulle, A., 1992. Principales caractéristiques de l'élevage de l'omble chevalier (*Salvelinus alpinus* L.) en eau douce. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 325: 47-68. [doi:10.1051/kmae:1992014](https://doi.org/10.1051/kmae:1992014)
- Guillard J., Cachera S., Champigneulle A., Montuelle B. 2015. Le retour du lavaret: une action d'ingénierie écologique réussie à l'échelle d'un lac (Le Bourget). *Sciences, Eaux et Territoires*, 16:18-23.
- Hamelet, V., Goulon, C., and Marchand, F., 2022. Interprétation de l'âge à partir des écailles sur des espèces de salmonidés lacustres, le corégone (*Coregonus sp.*) et l'omble chevalier (*Salvelinus alpinus*). *NOV'AE*, 2: 121-124. [doi:10.17180/novae-2022-NS02-art14](https://doi.org/10.17180/novae-2022-NS02-art14)
- Hutchinson, G.E., 1973. Eutrophication: The scientific background of a contemporary practical problem. *American scientist*, 61(3): 269-279.
- Huysecom, R., 1999. De l'aélevage au pacage lacustre. In: *Mille ans de pêche au Léman. Des hommes, un lac, un métier* (ed. Huysecom). France: La Salévienne, pp. 141-144.
- Jenny, J.P., Arnaud, F., Alric, B., Dorioz, J.M., Sabatier, P., Meybeck, M., and Perga, M.E., 2004. Inherited hypoxia: A new challenge for reoligotrophicated lakes under global warming. *Global Biogeochemical Cycles*, 28(12): 1413-1423. [doi:10.1002/2014GB004932](https://doi.org/10.1002/2014GB004932)
- Loizeau, J.L., and Dominik, J., 2005. The history of eutrophication and restoration of Lake Geneva. *Terre & environnement*, 50: 43-56.
- Mari, L., Daufresne, Martin, Guillard, J., Evanno, G., and Lasne, E., 2021. Elevated temperature and deposited sediment jointly affect early life history traits in southernmost Arctic char populations. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 78(6): 744-751.
- Mauger, J.P., 2016. Impact économique, pêcheurs amateurs, lac Léman français. *Les voix du Léman*, APALLF, pp. 32-37.
- Meffe, G. K., 1995. Genetic and ecological guidelines for species reintroduction programs: application to Great Lakes fishes. *Journal of Great Lakes Research*, 21: 3-9. [doi:10.1016/S0380-1330\(95\)71079-6](https://doi.org/10.1016/S0380-1330(95)71079-6)
- Meng, H.J., Muller, R., and Geiger, W., 1986. Growth, mortality and yield of stocked coregonid fingerlings identified by microtags. *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.*, 22: 319-325.

- Montuelle, B., and Clemens A., 2015. Le tour des grands lacs alpins naturels en 80 questions. Villeurbanne, Zone Atelier Bassin du Rhône et Observatoire des Lacs Alpins: Graie, pp. 205.
- OCDE, 1982. Eutrophisation des eaux : Méthodes de surveillance, d'évaluation et de lutte. Paris: *Organisation de Coopération et de Développement Economiques*, pp. 164.
- Olive, P., 1986. Etudes conduites sur les poissons du Léman par les ichtyologues de l'Institut de limnologie de Thonon. In: *Léman : expressions sans rivages* (ed. Ménaché, M.). France: La Manufacture, pp. 69-71.
- Ponton, D. 1986. *Croissance et alimentation de deux poissons planctonophages du lac Léman: le corégone (Coregonus sp.) et le gardon (Rutilus rutilus)*. Thesis Claude Bernard University, Lyon, pp. 156.
- Rimet, F., Anneville, O., Barbet, D., Chardon, C., Crepin, L., Domaizon, I., et al., 2020. The Observatory on LAkes (OLA) database: Sixty years of environmental data accessible to the public. *Journal of Limnology*, 79(2): 164-178. doi:10.4081/jlimnol.2020.1944
- Rojas-Beltran, R., and Champigneulle, A., 1991. New hope of reducing the cost of mass rearing whitefish, *Coregonus lavaretus* L., larvae on dry diet?. *Aquaculture and Fisheries Management*, 22: 369-372. doi:10.1111/j.1365-2109.1991.tb00529.x
- Rojas-Beltran, R., Champigneulle, A., and Chapuis, G., 1991. The mass-rearing of *Coregonus lavaretus* larvae at high densities and two rearing scales with two dry diets. *European Aquaculture Society, Special Publication*, (15): 145-147.
- Rojas-Beltran, R., and Champigneulle, A., 1992. Studies on the improvement of the first feeding on a dry diet for *Coregonus lavaretus* L. larvae. *Aquaculture*, 102: 319-331. doi:10.1016/0044-8486(92)90185-N
- Rojas-Beltran, R., Champigneulle, A., Gillet, C., and Le Rouilly, N., 1992. Influence of egg source, initial characteristics, and rearing conditions on the growth, survival, and development of *Coregonus lavaretus* L. larvae initially fed on a dry diet. *Polskie Archiwum Hydrobiologii*, 39:683-691
- Rojas-Beltran, R., Champigneulle, A., and Vincent, G., 1995b. Mass-marking of bone tissue of *Coregonus lavaretus* L. and its potential application to monitoring the spatio-temporal distribution of larvae, fry and juveniles of lacustrine fishes. *Hydrobiologia*, 300(1): 399-407. doi:10.1007/BF00024481
- Rojas-Beltran, R., Gillet, C. and Champigneulle, A., 1995b. Immersion mass-marking of otoliths and bone tissue of embryos, yolk-sac fry and fingerlings of Arctic charr *Salvelinus alpinus* (L.). *Nordic Journal of Freshwater Research*, 71: 411-418.
- Rapin, F., & Gerdeaux, D., 2013. La protection du Léman. *Archives des sciences*, 66: 103-116.
- Versant Sud Développement, 2014. *Les retombées économiques directes de la pêche de loisirs dans le secteur du lac du Bourget*. Communication, 13 oct. 2014, Fédération de Savoie pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique, France.
- Sandford, M., Castillo, G., and Hung, T., 2019. A review of fish identification methods applied on small fish. *Reviews in Aquaculture*, 12(2): 542-554. doi:10.1111/raq.12339
- Savary, R., Dufresnes, C., Champigneulle, A., Caudron, A., Dubey, S., Perrin, N., and Fumagalli, L., 2017. Stocking activities for the Arctic charr in Lake Geneva: Genetic effects in space and time. *Ecology and Evolution*, 7(14): 5201-5211. doi:10.1002/ece3.3073
- Secor, D.H., Dean, J.M., and Laban, E.H., 1991. *Manual for otolith removal and preparation for microstructural examination*. Palo Alto, California & Columbia, S.C, USA: Electric Power Research Institute and Belle W. Baruch Institute for Marine Biology and Coastal Research, pp. 85.

- Stewart, T.R., Mäkinen, M., Goulon, C., Guillard, J., Marjomäki, T.J., Lasne, E., Karjalainen, J., and Stockwell, J.D., 2021. Influence of warming temperatures on coregonine embryogenesis within and among species. *Hydrobiologia*, 848(18): 4363-4385. doi:[10.1007/s10750-021-04648-0](https://doi.org/10.1007/s10750-021-04648-0)
- Wright, P.J., Panfili, J., Morales-Nin, B., Folkvord, A., Mosegaard, H., and Meunier, F., 2002. Validation and verification methods: direct validation. In: *Manual of fish sclerochronology* (eds. Panfili, J., Pontual, H.D., Troadec, H., Wright, P.J.). Brest, France: Ifremer-IRD coedition, pp. 114–128.

Annexe 1

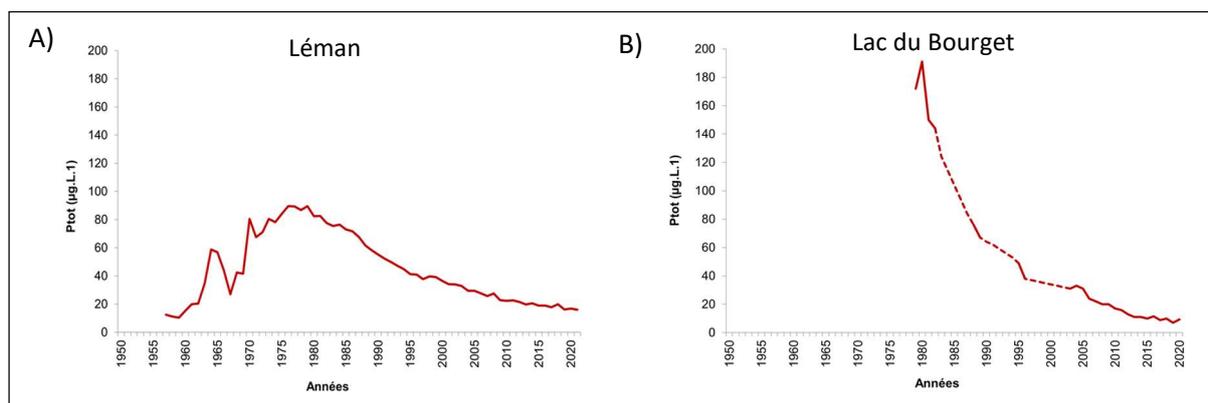


Figure 1 : Évolution des concentrations annuelles moyennes pondérées en phosphore total (Ptot) de 1950 à 2021, dans le Léman (Station de prélèvement SHL2 située au centre du lac avec une profondeur maximale de 309m) (A) et dans le lac du Bourget (Station de prélèvement Point B) (courbe extrapolée en pointillé) (B). Données SOERE SI-OLA (si-ola.inrae.fr).

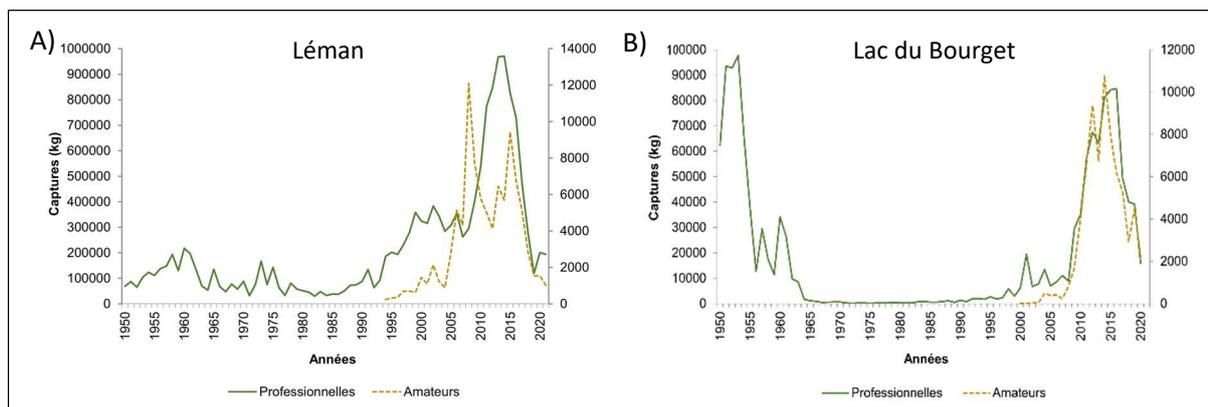


Figure 2 : Évolution des captures totales de corégone (*Coregonus sp.*) de 1950 à 2021 dans le Léman (A) et le lac du Bourget (B), des pêcheurs professionnels (courbe pleine – avec axe des ordonnées à gauche) et amateurs (courbe en pointillé, avec l'axe des ordonnées à droite) en kilogramme.

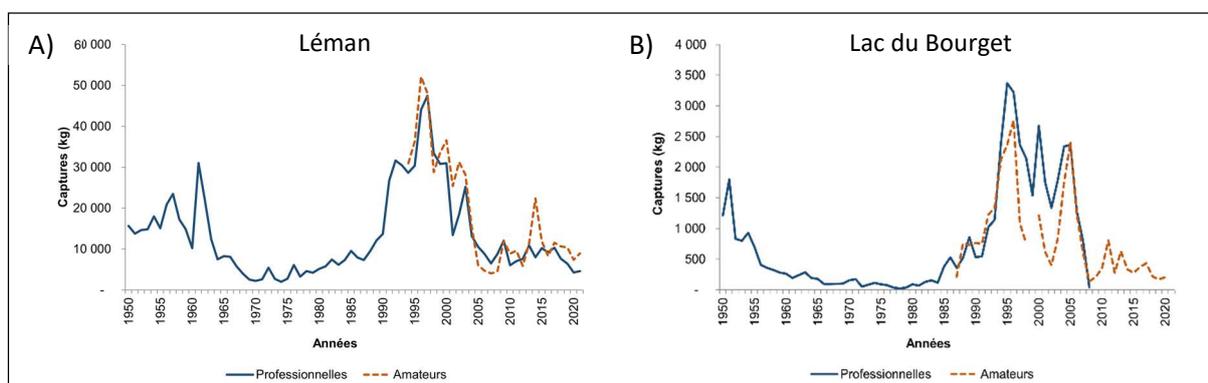


Figure 3 : Évolution des captures totales d'omble chevalier (*Salvelinus alpinus*) de 1950 à 2021 dans le Léman (A) et le lac du Bourget (B), des pêcheurs professionnels (courbe pleine) et amateurs (courbe en pointillé) en kilogramme.

Annexe 2

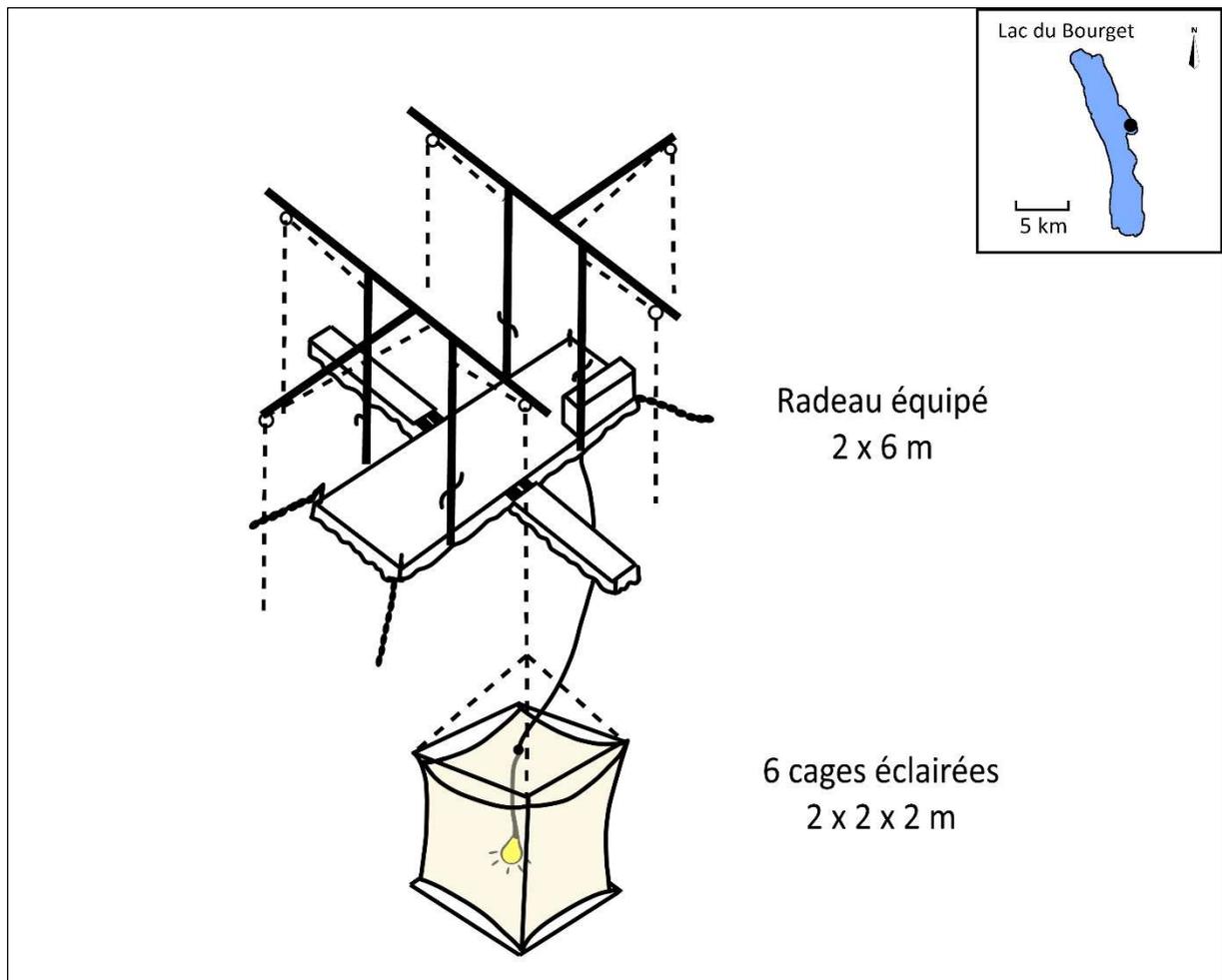


Figure 1 : Schématisation et localisation du radeau pilote géré par les pêcheurs professionnels, composé de 6 cages éclairées immergées dans le lac du Bourget. Le radeau est utilisé pour le grossissement en milieu naturel des alevins de corégone (adapté d'après Champigneulle et Rojas-Beltran, 1996).

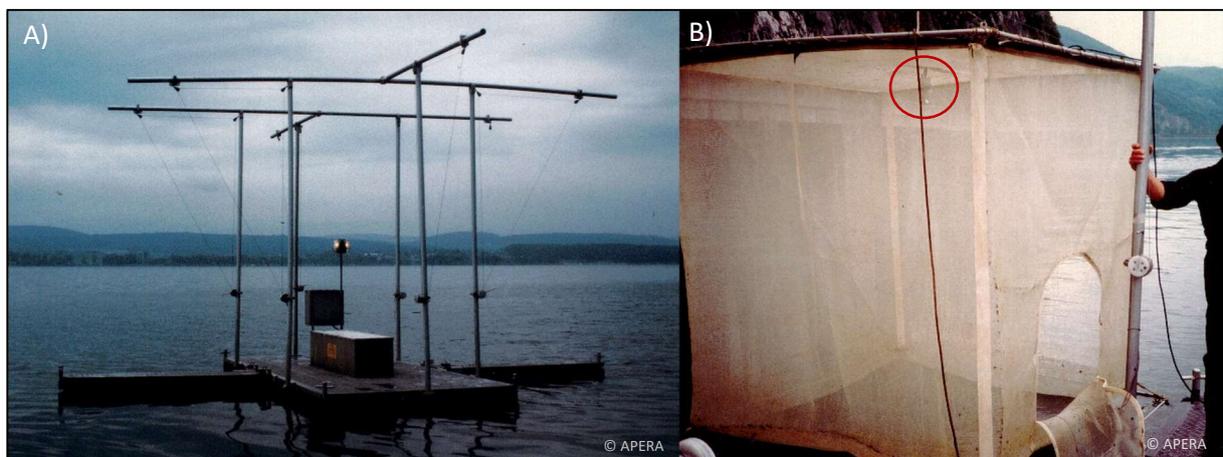


Figure 2 : Photographies du radeau pilote de grossissement des alevins avec les cages immergées (A) et d'une cage remontée à la surface : on observe les mailles fines et la lampe d'éclairage fixée au sommet (cercle rouge) (B) (©APERA, 1994).

Annexe 3

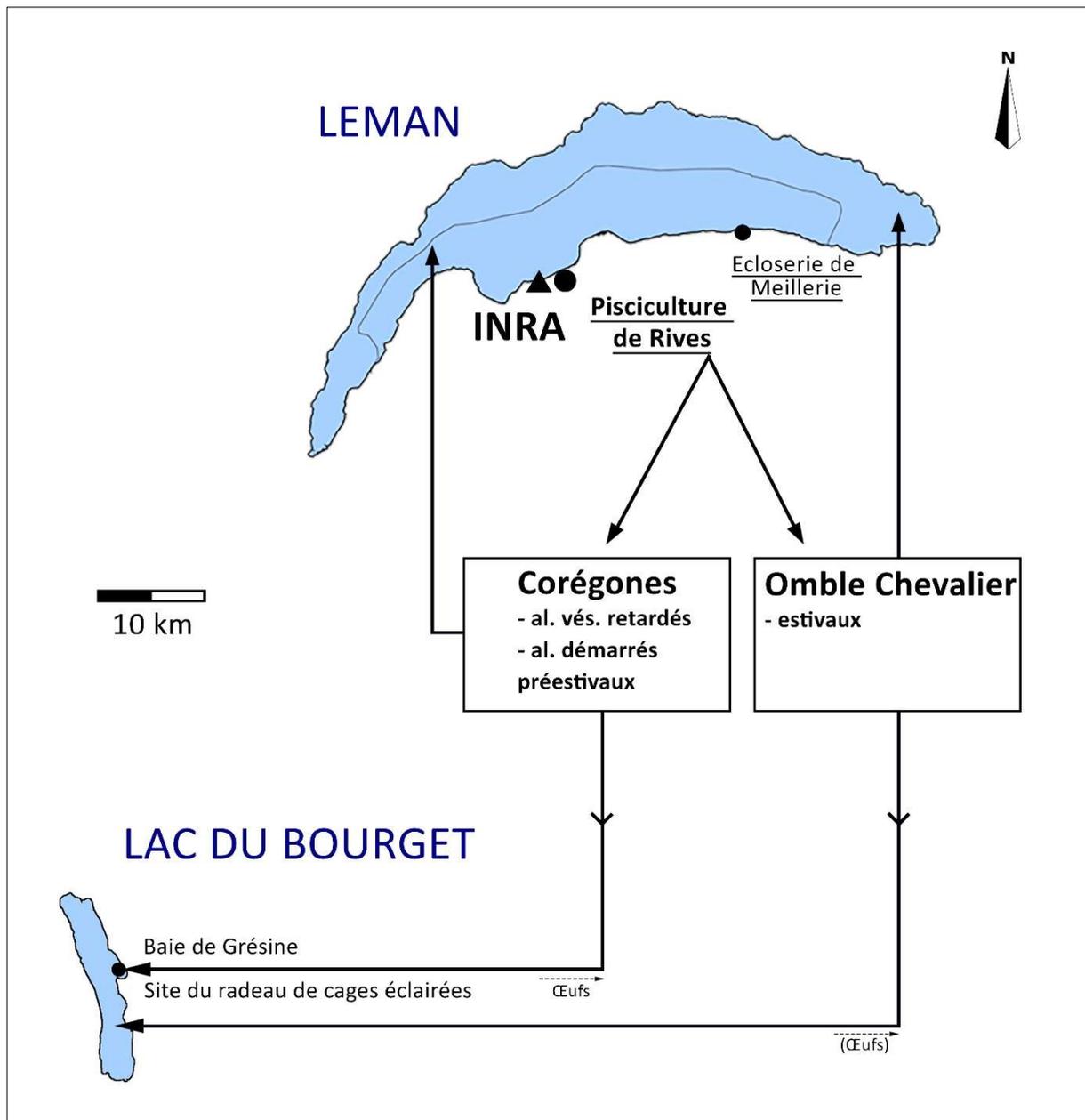


Figure 1 : Localisation et fonctionnement du programme pacage lacustre sur le Léman et le lac du Bourget pour le corégone (*Coregonus sp.*) et l'omble chevalier (*Salvelinus alpinus*) (adapté d'après Champigneulle *et al.*, 1989).

Annexe 4

Tableau 1 : Liste des sources d'archives de presse sur le pacage lacustre (72 articles).

Auteur, source	Titre	Date/année
Le Dauphiné Libéré	Un visage uni pour des intérêts communs	15/01/1989
Le Chasseur français	Des Lacs plus prolifiques	01/06/1989
Le Dauphiné Libéré	De la difficulté de pêcher	18/12/1989
"	Petites féras deviendront grandes	17/01/1990
"	Parcs pour féras	20/01/1990
"	Le bilan des pêcheurs du lac	21/01/1990
Voici	Le double sauvetage	01/02/1990
Le Dauphiné Libéré	Le "berger" des poissons	04/02/1990
"	La preuve par trois	06/03/1990
"	Petit poisson deviendra grand	14/05/1990
L'essor savoyard	Poissons en cage	18/05/1990
Le Messenger	Le "pacage lacustre" pour un meilleur réempoissonnement en salmonidés des lacs alpins	06/07/1990
Le Dauphiné Libéré	La nurserie des alevins inaugurée	11/07/1990
Le Messenger	La pisciculture de Thonon : un des piliers du "pacage lacustre"	13/07/1990
"	Pêche : le pacage lacustre et ses à-côtés	13/07/1990
Le Progrès	Aquaculture-pêche : Un marché entre deux eaux	08/09/1990
Alpes magazine	De la rivière au lac	01/01/1991
Le Dauphiné Libéré	La pêche aux œufs	15/02/1991
"	Des professionnels préoccupés	23/03/1991
Le pêcheur de France	Du nouveau dans les lacs alpins !	01/04/1991
Le Dauphiné Libéré	Environnement et tutelle	13/09/1991
"	Les pêcheurs d'eau douce ont à nouveau leur revue	27/09/1991
"	Les professionnels "reconnus"	22/10/1991
AquaRevue	Aquaculture et nature	01/11/1991
Le Dauphiné Libéré	Echange sur la pêche et les lacs	07/12/1991
"	Un toit pour les poissons	26/02/1992
Le Messenger	La pisciculture de Rives met le "couvert" sur ses alevins	28/02/1992
Le Dauphiné Libéré	Record battu	19/08/1992
Le Messenger	Le Bourget : le lavaret sauvé des eaux	01/10/1992
Ecologia	Léman : Echec à une mort annoncée	01/12/1992
Le Dauphiné Libéré	Les amours de l'omble chevalier	01/12/1992
"	Repeuplement du lac en ombles et lavarets	17/08/1993
Haute-Savoie, Magazine du Conseil Général	Le pacage lacustre pour des lacs poissonneux	01/10/1993
Le Messenger	Des eaux poissonneuses	12/11/1993
Le Dauphiné Libéré	Inquiétude : la truite se raréfie	25/11/1993
"	Pour des lacs alpins poissonneux et nobles	21/12/1993
"	Une profession enfin reconnue	28/02/1994
Le Messenger	Pêche dans le Léman : un nouveau plan piscicole en gestation	02/12/1994

Tableau 2 : Suite de la liste des sources d'archives de presse sur le pacage lacustre.

Auteur, source	Titre	Date/année
Le Dauphiné Libéré	Pêcheurs chambériens	05/12/1994
Le Dauphiné Libéré	Protection et réglementation	14/12/1994
"	Les œufs de la continuité	23/12/1994
"	Maternité piscicole	28/12/1994
"	Pêche : ouverture sur le lac	04/01/1995
"	Le pacage lacustre assure l'avenir	11/01/1995
"	Les informations pratiques agricoles	11/01/1995
"	Les amateurs optimistes mais vigilants	12/01/1995
"	Pour des lacs poissonneux	14/01/1995
"	Médailles sur écailles	15/01/1995
Le Pêcheur Professionnel	Pacage lacustre : le bilan 1989-1993	01/02/1995
"	La formation de pêcheur reconnue	24/03/1995
Le Messager	Labéliser le poisson	24/03/1995
Alpes Loisirs	Les Gens du Léman	01/04/1995
Le Dauphiné Libéré	Autour du lac	25/05/1995
"	Le Lavaret remonte la pente	04/06/1995
"	Pêche au long cours	05/07/1995
"	La remontée des truites lacustres	16/12/1995
"	Féras au Réveillon	30/12/1995
"	Le Prince du lac naît en couveuse	08/01/1996
"	Aux petits soins pour la truite et l'omble	31/03/1996
"	Pêcheur professionnel en lac alpin	13/04/1996
"	Un Forum pour le Léman	14/04/1996
"	Un avenir conditionnel	02/05/1996
"	Surtout ne pas noyer le poisson	03/05/1996
"	La diversité du lac Léman	13/08/1996
AquaRevue	Cages flottantes : elles apportent un "plus"	01/09/1996
Le Dauphiné Libéré	Le retour de l'omble chevalier	09/09/1996
"	L'omble abonde mais reste menacé	11/10/1996
"	La gestion piscicole des lacs et les retenues artificielles	19/11/1996
"	La gestion piscicole	20/11/1996
"	De l'omble chevalier pour les "Restos du cœur"	04/12/1996
Alpes Loisirs	Le lac du Bourget : renaissance du plus grand lac naturel de France	01/06/1999
Les voix du Léman	Pacage lacustre et action de l'APERA pour la restauration des salmonidés - lacs Léman et du Bourget	2008

Annexe 5



Figure 1 : Couvertures de différents ouvrages sur la gestion piscicole et des grands plans d'eau mais aussi historiques, de voyage et touristiques ainsi que des manuels scolaires de « Science de la Vie et de la Terre ». Des sections relatives à la période d'eutrophisation dans le Léman sont présentées avec les impacts sur l'environnement et les populations de poissons comme le corégone (Bordi *et al.*, 2019 ; Boucher *et al.*, 2021).

Cette étude de cas a été réalisée par le département AQUA selon la méthode ASIRPA (Analyse de l'impact sociétal de la recherche) mise au point par INRAE.

Auteurs principaux : Hervé Rogissart¹⁰, Chloé Goulon¹⁰, Jean Guillard¹⁰

Avec la participation de : Sylvie Collet¹¹, Sami Bouarfa¹², Christian Gillet¹⁰ et Delphine Mézière¹⁰

¹⁰ Université Savoie Mont Blanc, INRAE, CARRTEL, 74200 Thonon-les-Bains, France

¹¹ INRAE, DipSO, 75000 Paris, France

¹² Université de Montpellier, INRAE, UMR-G-EAU, 34398 Montpellier, France

¹³ INRAE, DipSO, 34060 Montpellier, France

Ce document est sous licence Creative Commons BY NC SA : Attribution – Utilisation non commerciale - Partage dans les Mêmes Conditions.



Photos sur la première de couverture, de haut en bas et gauche à droite :

©H.Rogissart, 1, 4, 6-11 ; ©INRAE, 2-3, 5, 12

> Pour citer ce document : Hervé Rogissart, Chloé Goulon, Jean Guillard. **Réhabilitation des salmonidés des lacs péri-alpins : Pacage lacustre.** INRAE, 2023, pp. 39. (hal-03918344)

HAL Id : hal-03918344

UMR CARRTEL, Unité Mixte de Recherche – Centre Alpin de Recherche sur les Réseaux Trophiques et les Ecosystème Limniques

Pour en savoir plus sur la méthode : <https://www6.inrae.fr/asirpa/> Contact : asirpa@inrae.fr