

LE LAC D'ANNECY

Les ingrédients d'un écosystème préservé



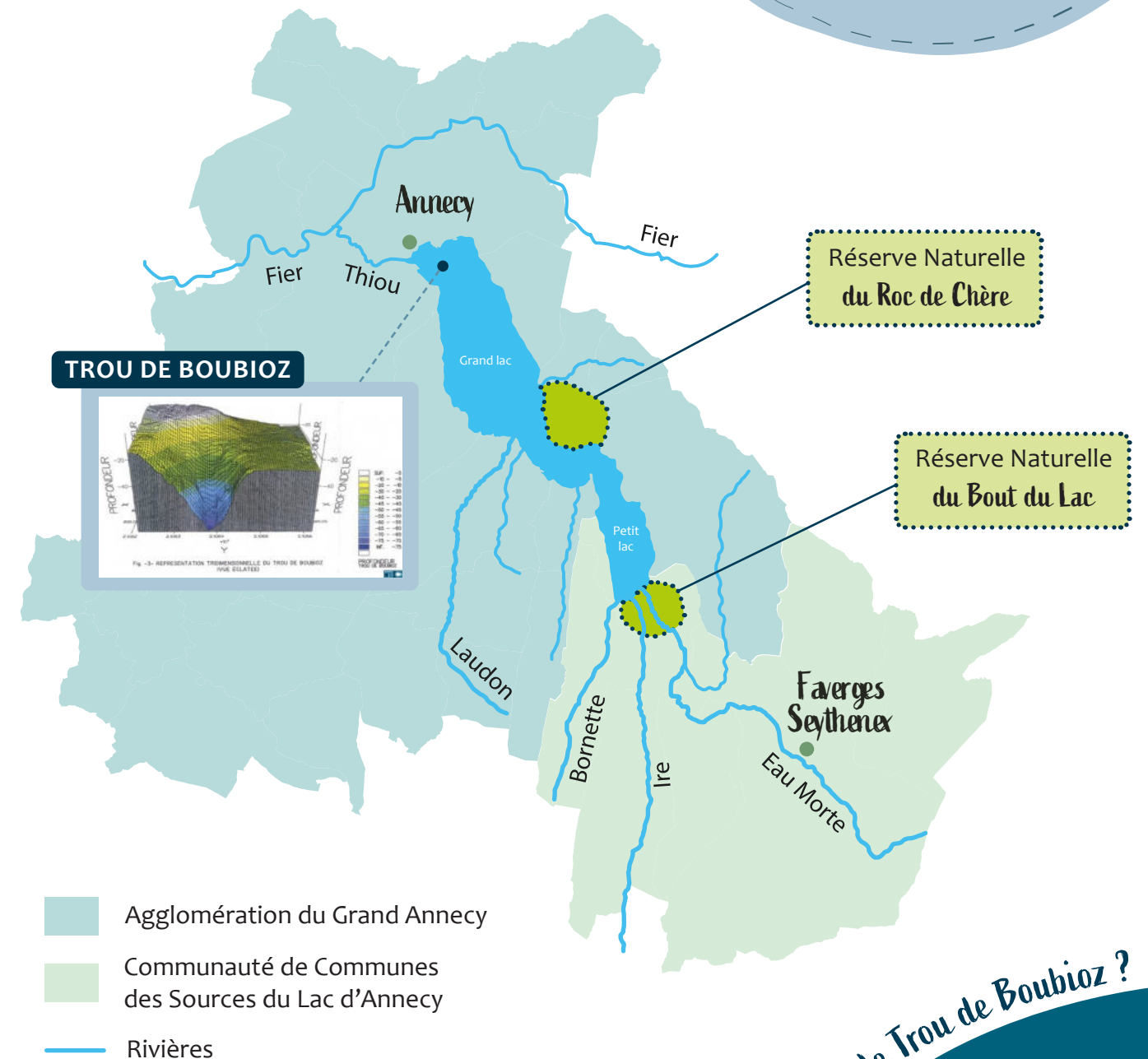
fête de la
Science
INRAE



LE LAC D'ANNECY et ses caractéristiques

LE SAVIEZ-VOUS ?

Le Lac d'Annecy est le 3^{ème} lac naturel Français par sa superficie après le Lac Léman (partagé entre la France et la Suisse) et le Lac du Bourget !



QUELQUES CHIFFRES-CLÉS

Surface : 27 km²
Altitude : 447 m
Profondeur moyenne : 41 m
Profondeur maximale : 78,7 m (trou de Boubioz)

Qu'est-ce que le Trou de Boubioz ?

Il s'agit de la **source sous-lacustre** du Boubioz, située à environ 250 mètres en face de la plage des Marquisats, à Annecy.

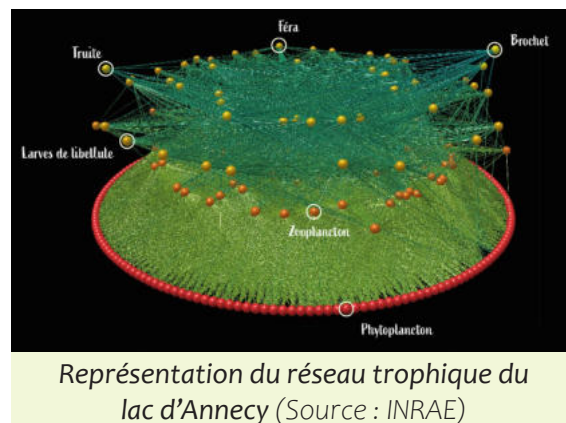
En 1990, lors de la réalisation de la bathymétrie du lac d'Annecy (programme CLIMASILAC coordonné par le SILA), une reconstitution 3D du Boubioz a été effectuée, permettant de mieux imaginer cette source sous-lacustre en forme d'entonnoir !

LE LAC D'ANNECY

plus qu'une simple chaîne, un véritable réseau

Une vision en réseau, pas en ligne

Contrairement à l'idée reçue d'une chaîne alimentaire verticale où chaque maillon dépend strictement du précédent (du plancton au poisson, puis au prédateur), le lac d'Annecy fonctionne comme un **maillage complexe et interconnecté**. Dans ce réseau, chaque espèce peut avoir plusieurs proies et être la proie de plusieurs prédateurs. Cette richesse de connexions crée une **structure résiliente** dans laquelle la disparition ou la fluctuation d'un groupe n'entraîne pas nécessairement l'effondrement du système, car les liens de repli existent.



La perche de l'année, un ascenseur de matière et d'énergie

Au cœur de ce réseau se trouve la **perche de l'année**, un **maillon essentiel** qui agit comme un noyau central. Ces jeunes poissons occupent une **position intermédiaire cruciale** : ils se nourrissent de zooplancton, et constituent à leur tour une proie majeure pour les prédateurs supérieurs comme les perches adultes, le brochet ou l'omble chevalier. Malgré de fortes variations de leur biomasse d'une année à l'autre, passant de quelques kilogrammes à plus de 130 kg par hectare, le **réseau** n'en est **pas** pour autant **destabilisé**, il est **résilient**.



La résilience par la diversité

La force du lac d'Annecy réside dans sa capacité à absorber les chocs. Deux mécanismes principaux expliquent cette stabilité :

La redondance des liens

Les **espèces** ne sont **pas isolées** : une majeure partie des espèces occupe des **fonctions similaires** dans le réseau. Ces espèces « voisines » consomment les mêmes proies ou servent de proies aux mêmes prédateurs.

L'omnivorie

De nombreuses espèces, comme la perche, sont **omnivores**. Elles ne se nourrissent pas d'un seul niveau trophique, mais **consomment des ressources variées** (végétales, animales, de différents niveaux). Cette flexibilité leur permet de **s'adapter aux changements** de disponibilité des proies et **d'éviter la surexploitation** d'une seule espèce.

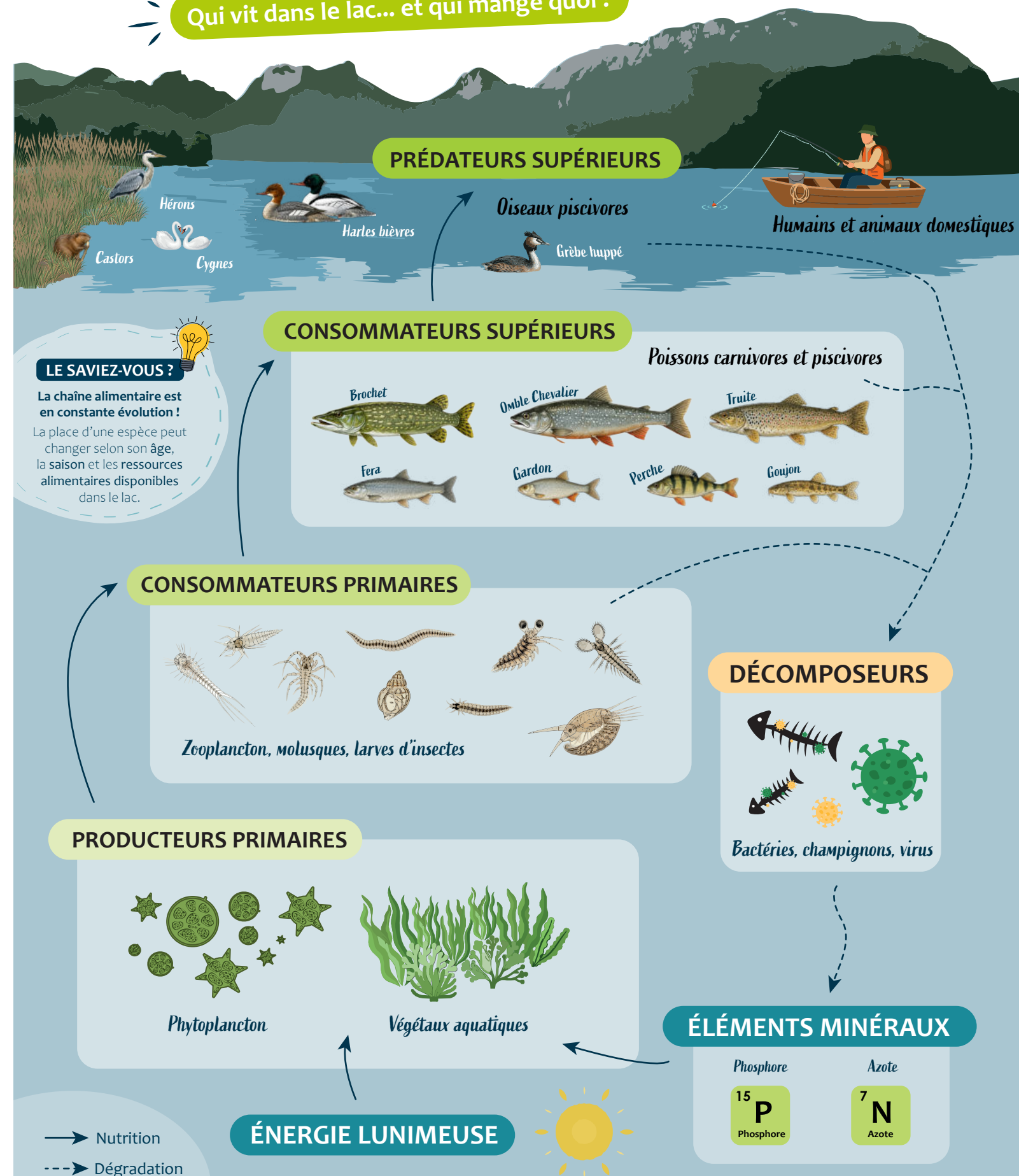
Un équilibre dynamique et robuste

Les études montrent que ce réseau trophique possède une **grande robustesse face aux fluctuations naturelles ou anthropiques**. La capacité des organismes à adapter leur alimentation aux ressources les plus abondantes agit comme une protection naturelle. Ainsi, le lac d'Annecy est un **écosystème équilibré** qui s'adapte aux changements et continue de fonctionner malgré des perturbations extérieures (météo, épizootie*, pollution, etc.).

*épidémie qui frappe de manière rapide et contagieuse un grand nombre d'animaux.

LA CHAÎNE ALIMENTAIRE DU LAC en version simplifiée

Qui vit dans le lac... et qui mange quoi ?



LE LAC D'ANNECY

et son suivi scientifique

En complément de la construction de collecteurs d'eaux usées, le SILA a mis en place un **suivi scientifique annuel depuis 1966** afin de **s'assurer de la bonne qualité des eaux du lac** et de **connaître son évolution**. Ce suivi scientifique permet de révéler des tendances sur le long terme grâce à des statistiques établies sur plusieurs années. Il vise à détecter et prévenir tout signe montrant une dégradation de la qualité des eaux.

Le lac d'Annecy est aujourd'hui en excellente santé, son équilibre biologique est stable. Il a atteint depuis longtemps le bon état physico-chimique et biologique de ses eaux requis par la Directive Cadre Européenne sur l'eau.

Des campagnes d'analyses régulières et poussées

Le suivi scientifique est réalisé **en partenariat avec l'INRAE** de Thonon-les-Bains qui assure les prélèvements dans le lac et les analyses.

Les paramètres mesurés, qui permettent d'évaluer la santé du lac, sont les suivants :

- les **caractéristiques physico-chimiques du lac** à différentes profondeurs, à travers différents paramètres comme l'**oxygène dissous**, les teneurs en éléments nutritifs (**azote** et **phosphore**)...
- le **phytoplancton** et le **zooplancton**
- les **poissons** avec des pêches aux filets et l'hydroacoustique
- les **macro-vertébrés** avec un échantillonnage à deux profondeurs (en zone littorale et en zone profonde).

LE SUIVI SCIENTIFIQUE EXPLIQUÉ EN VIDÉO !



Pour en savoir plus sur le **rôle clé du suivi scientifique du lac d'Annecy**, réalisé par le SILA et l'INRAE, partez en immersion à travers cette vidéo !



Bouteille à prélèvement intégré pour comprendre les évolutions du lac



Analyse particulière du zooplancton et du phytoplancton



Disque de Secchi pour mesurer la transparence de l'eau



Sonde multiparamètres pour décrypter le lac de la surface au fond (-65m)

LA FÉRA

l'un des poissons emblématiques du lac

Dans les grands lacs alpins, comme le Léman, le Bourget et le lac d'Annecy, les **poissons** constituent une **ressource renouvelable exploitée de longue date**. La présence de Salmonidés comme la **truite**, l'**omble chevalier** et la **féra**, surnommées « espèces nobles », confère une bonne image à ces milieux qui ont pourtant souffert de la pollution et en particulier de l'eutrophisation. Ce phénomène était causé par un excès de nutriments qui étouffait la vie aquatique. Cet excès était notamment provoqué par le déversement d'eaux usées non traitées depuis les communes riveraines. C'est ainsi que le SILA fut créé en 1957 par huit communes riveraines pour restaurer son équilibre.

Grâce à cette volonté politique et citoyenne, **le lac est redevenu oligotrophe**, c'est-à-dire **pauvre en nutriments** mais **riche en oxygène**, retrouvant ainsi sa clarté et sa pureté.

Mais, comment ce lac, désormais « propre », peut-il encore nourrir ses poissons ?

La féra : L'emblème d'un écosystème restauré

La féra est bien plus qu'une simple espèce de pêche ; c'est un **indicateur biologique de la santé du lac**. Appartenant à la famille des Salmonidés, elle est connue pour la qualité de sa chair et sa sensibilité aux conditions environnementales. Sa présence et sa reproduction naturelle confirment que le lac a retrouvé un **état écologique favorable**.

Cependant, la survie de la féra ne repose pas seulement sur la pureté de l'eau. Elle dépend entièrement de la capacité du lac à produire une nourriture suffisante et adaptée dès les premiers instants de sa vie. Si le nombre de proies disponibles diminue, la croissance des larves ralentit, leur taux de survie baisse et, in fine, le stock de poissons adultes risque de s'appauvrir.



Le mystère des premières semaines : Comment grandissent les larves ?

Pour comprendre comment la féra survit dans un lac moins riche en nutriments qu'autrefois, les **scientifiques de l'INRAE de Thonon-les-Bains** ont mené une **étude précise sur les phases larvaires**. L'objectif était de suivre deux paramètres clés : la **croissance physique** et l'**évolution du régime alimentaire** en fonction des caractéristiques du milieu.

Ces analyses révèlent que l'**alimentation des larves** n'est **pas uniforme** : elle varie considérablement selon leur stade de développement et la disponibilité immédiate de certaines proies spécifiques dans le milieu. A ce stade, elles s'alimentent notamment de micro-crustacés (daphnies), de larves d'insectes (chironomes), etc.

L'étude met en évidence une **adaptation fascinante** : le régime alimentaire de la féra change au fur et à mesure que la larve grandit. Elle ne mange pas la même chose juste après sa naissance que lors de ses premiers mois.



Contenu d'un estomac de féra adulte en février

En février, les feras adultes vivent et se nourrissent à proximité du fond, dans le cas présent à plus de 40 mètres de profondeur. En été, elle se nourrit plutôt de zooplancton.

Un équilibre fragile à préserver

La **restauration du lac d'Annecy** est un **succès indéniable**, mais la **vie sous-marine** reste un **système dynamique et sensible**. La féra, symbole de cette réussite, nous rappelle que **la pureté de l'eau ne suffit pas** ; il faut aussi que la **chaîne alimentaire fonctionne** parfaitement.

DE NOMBREUSES MÉTHODES qui déchiffrent la vie sous-marine du lac

Comprendre la complexité d'un écosystème aquatique comme celui du lac d'Annecy dépasse largement la simple observation à l'œil nu. Pour saisir les interactions invisibles entre proies et prédateurs ou encore analyser la santé des populations, les scientifiques mobilisent une boîte à outils technologique de plus en plus grande.

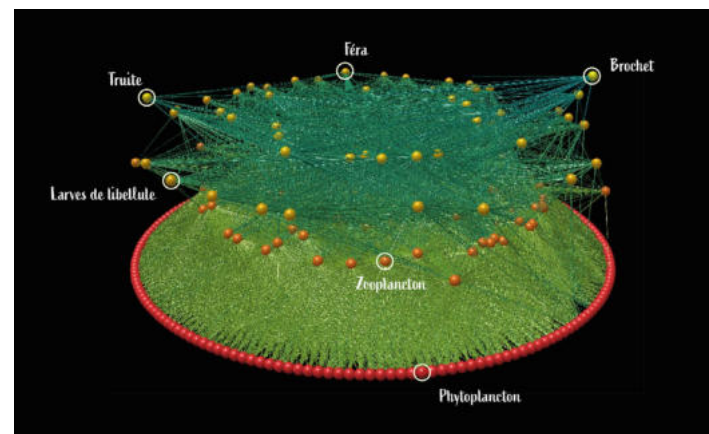
La modélisation numérique

Face à la **complexité des interactions du réseau trophique** du lac, les scientifiques utilisent des **modèles numériques**.

Ces logiciels intègrent des données sur les **effectifs de différents groupes** présents dans le lac, comme les perches, les feras (etc.) pour **simuler le fonctionnement du réseau trophique** dans son ensemble.

Ces modèles numériques permettent de **tester des scénarios hypothétiques**. Par exemple, que se passerait-il si la biomasse de perches chutait de moitié ?

Le modèle révèle alors la **résilience du système**, montrant comment les autres espèces s'adaptent ou comment la stabilité du lac est maintenue grâce à la redondance des liens alimentaires.



Représentation du réseau trophique du lac d'Annecy (Source : INRAE)

Dater et mesurer la croissance

Pour reconstituer l'histoire de vie d'un poisson, il faut parfois regarder à l'intérieur même de son corps. C'est le **principe de l'otolithométrie**. Ces **petits osselets situés derrière l'œil des poissons** se forment jour après jour, créant des **anneaux de croissance** similaires aux cernes d'un arbre.

En ponçant ces otolithes et en les observant au microscope, les chercheurs peuvent **déterminer avec précision l'âge d'une larve ou d'un jeune poisson**.

Couplée à la mesure de la **longueur et de la masse corporelle**, cette technique permet de **suivre la dynamique de croissance** des larves de féra ou de perche, révélant si un individu a grandi rapidement grâce à une abondance de nourriture ou lentement en période de pénurie.

Photos d'otolithes de *Coregonus lavaretus* (Source : INRAE, Université Savoie Mont-Blanc, CARTEL)



Larve de stade 1



Larve de stade 6



Larve de stade 7

Analyse du contenu stomacal et des isotopes

Savoir ce que mange un poisson est crucial pour comprendre sa place dans la chaîne alimentaire. Deux approches complémentaires sont utilisées :

L'analyse des contenus stomacaux

Il s'agit d'**examiner** directement le **contenu de l'estomac** pour **compter et identifier** les **espèces de zooplancton ingérées** (comme les Cyclopides ou les Cladocères). Cette méthode donne un aperçu instantané précis du repas le plus récent.

La signature isotopique

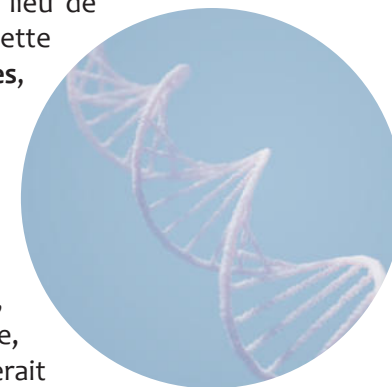
Plus subtile, cette technique **analyse les rapports d'isotopes stables** (atomes de carbone et d'azote) présents **dans les tissus du poisson**. Comme les éléments chimiques se transmettent de la proie au prédateur avec des signatures spécifiques, les chercheurs peuvent **retracer l'origine exacte de la nourriture** sur plusieurs mois, voire toute la vie du poisson, et **déterminer son niveau trophique réel**.

L'ADN environnemental

L'avancée majeure récente réside dans l'**ADN environnemental (ADNe)**. Au lieu de pêcher ou de capturer des organismes, on **prélève simplement de l'eau**. Cette méthode a été largement utilisée pour **détecter diverses espèces invasives**, notamment des crustacés, des poissons, des amphibiens et des mollusques.

Les **scientifiques de l'Université Savoie Mont Blanc et de l'INRAE** ont travaillé à **améliorer les méthodes d'échantillonnage et d'analyse** dès les années 2020 pour permettre le suivi de deux espèces de moules, les moules quagga et les moules zébrées.

Chaque organisme laisse derrière lui des traces génétiques (peau, écailles, déjections). **En filtrant l'eau et en analysant cet ADN**, on peut identifier l'espèce, notamment invasive, et en vérifier la présence, même à l'état larvaire, ce qui serait impossible visuellement.



Des analyses physiologique et parasitaire

La **survie hivernale des jeunes perches dans le lac d'Annecy** apparaît particulièrement plus faible comparée à celle observée dans le lac du Bourget et le lac Léman, bien que ce phénomène ne soit pas systématique chaque année. Pour **tenter d'identifier les causes de cette mortalité**, plusieurs analyses ont été mises en œuvre :

L'analyse de la charge parasitaire

Les chercheurs **comptent et pèsent les kystes de parasites présents** dans le foie des poissons préalablement pêchés au filet.

L'analyse des stocks de graisse pré-hivernaux

En étudiant la **composition des graisses des poissons** et leurs **réserves avant l'hiver**, les scientifiques peuvent savoir si leur faiblesse est due à un manque de nourriture ou à une maladie.

L'analyse de l'état physiologique

Le **rapport entre le poids et la longueur** offre aux scientifiques une indication immédiate de la condition générale du poisson.

Une synergie de savoirs et de méthodes

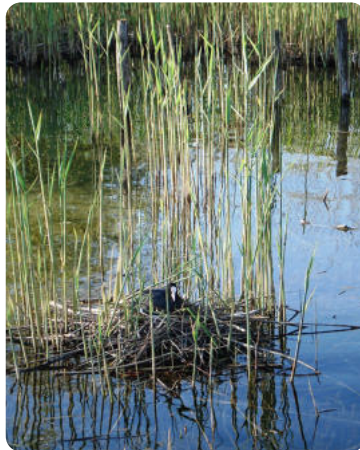
Aucune de ces méthodes prise isolément ne suffirait à expliquer la richesse et la fragilité du lac d'Annecy. C'est la combinaison de l'observation directe, de la génétique, de la chimie des isotopes et de la modélisation informatique qui permet aux scientifiques de dresser une carte précise du réseau trophique. Ces outils nous donnent non seulement les clés pour comprendre et protéger nos lacs, mais aussi pour anticiper les changements futurs.

LES ROSELIÈRES DU LAC D'ANNECY

des végétaux essentiels à préserver

Les roselières aquatiques jouent un rôle notable dans la **préservation** et l'**amélioration** de la **qualité de l'eau du lac** puisqu'elles participent à son **épuration**.

Elles constituent des **habitats pour la faune** (poissons, amphibiens, insectes, oiseaux...) en les protégeant des prédateurs et en servant de lieu de nidification. Elles présentent également un **intérêt paysager** certain et contribuent à **éviter l'érosion des berges**.



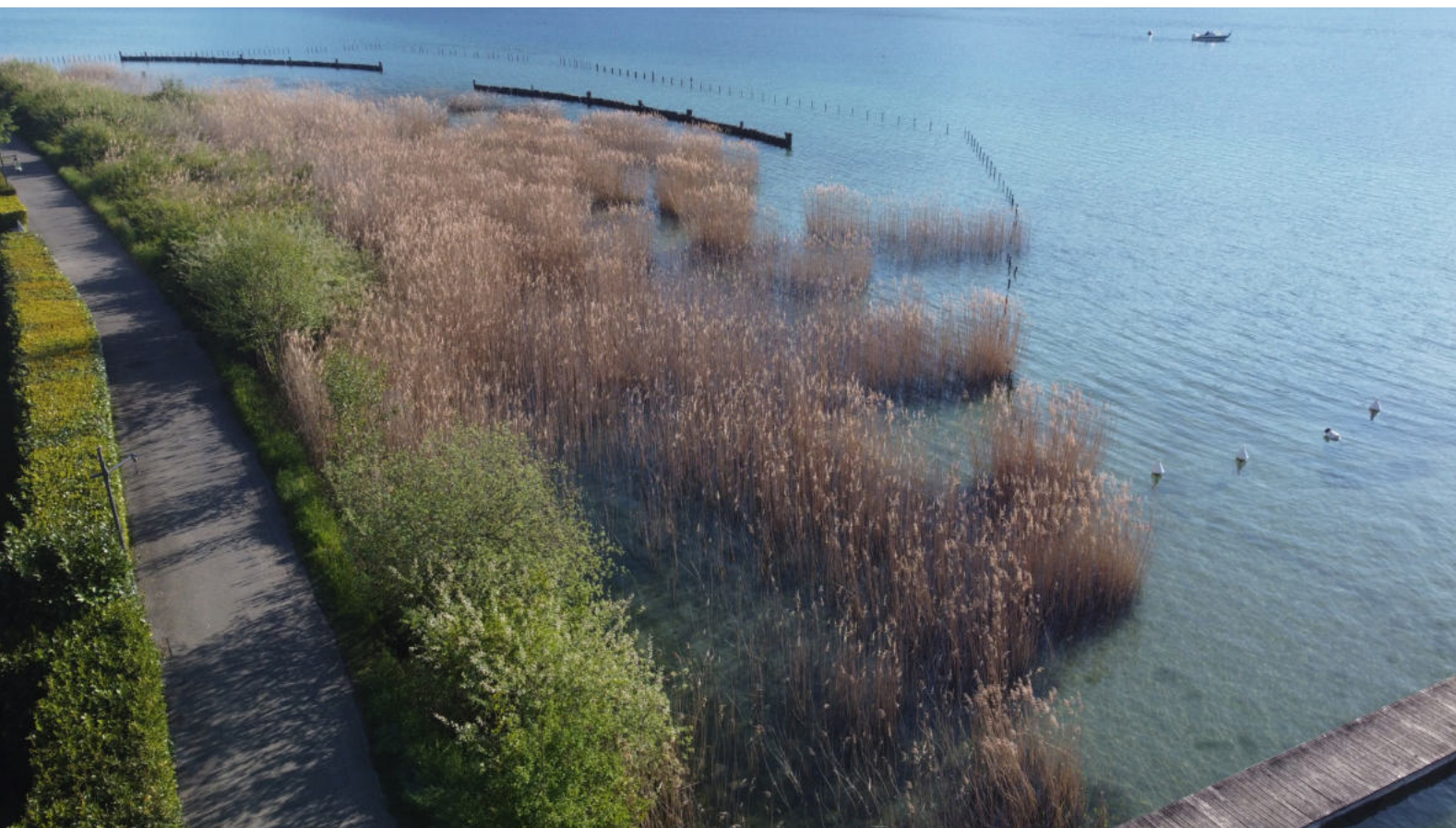
Un programme de restauration ambitieux

Un programme de restauration ambitieux des roselières a été engagé par le SILA. Ce **travail de concertation** a permis d'aboutir à la mise en œuvre, **entre 2012 et 2015**, d'une **première phase de travaux** axée autour de différentes techniques de génie écologique telles que :

- la **plantation de végétaux**,
- la **création de palissades de protection** contre la houle et les objets flottants (bois morts).

Ces actions, menées en collaboration avec l'Institut d'enseignement ISETA et la Compagnie Nationale du Rhône, concernaient trois zones pilotes : le **Bout du Lac** à Doussard, ainsi que le **marais de l'Enfer** et le **sentier des roselières** à Saint-Jorioz.

Une **seconde tranche de travaux** a eu lieu **en 2021-2022**. En complément des trois sites pilotes précédemment cités et au sein desquels des actions se poursuivent, le **site des Avollions** sur la commune de Sevrier a également été restauré.



UNE SENSIBILISATION ACCRUE

menée par le SILA et ses partenaires

Protéger nos milieux aquatiques, tels que le lac d'Annecy, ses roselières et son bassin versant, est **vital** pour **maintenir la richesse écologique** et la **qualité de vie locale**. Ils abritent une **biodiversité précieuse**, mais le changement climatique et les pollutions menacent cet équilibre fragile. Depuis 1957, le SILA s'engage activement pour la **protection de l'environnement** et le **développement durable du territoire**. La **prévention** et la **sensibilisation** restent nos meilleures alliées pour que vous nous aidiez dans la préservation de nos milieux aquatiques !

Ici vit une faune fragile et précieuse, restez à plus de 50 mètres des roselières



Que vous soyez en bateau, en paddle, en canoë ou simplement en train de vous baigner, respectez les zones protégées.

Le lac se partage, respectons-le

Chaque geste compte pour préserver le lac d'Annecy. Limitez le bruit, utilisez des produits respectueux de l'environnement, privilégiez les moteurs propres et remportez vos déchets.



Préservez le lac, jusque sous votre bateau



Un mouillage mal adapté peut fragiliser les fonds du lac d'Annecy. Privilégiez un mouillage écologique, autorisé et installé par un professionnel.

Avec mon chien, je respecte le lac

Pour préserver la tranquillité de la faune et des autres usagers, les animaux domestiques doivent être tenus en laisse sur les rives. Je respecte les zones où la baignade est interdite et je garde **au moins 3 mètres avec les animaux sauvages**.

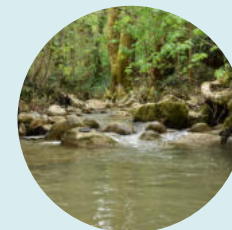


Ce qui disparaît dans la grille d'eaux pluviales, apparaît dans le lac...



Les eaux pluviales rejoignent directement le lac d'Annecy !
Un seul réflexe : Ne jetez rien dans les grilles (ni déchets, ni produits, ni eaux polluées...)

Alerter, c'est agir !



Chacun de nous peut être amené à constater la présence de mousses, d'irisations ou d'une coloration anormale dans un cours d'eau, un lac ou une zone humide. Dans ce cas, vous devez contacter immédiatement les Sapeurs-Pompiers au 112.

Le meilleur déchet, c'est celui qu'on ne produit pas...

Mais si vous avez un déchet, direction la poubelle ménagère ou les poubelles de tri. Cette action est primordiale pour préserver la faune et la flore présentes dans nos milieux aquatiques !



La lutte contre la pollution commence chez vous

Certains déchets n'ont pas leur place dans vos toilettes, éviers ou canalisations (médicaments, lingettes, huiles, peintures...). Déposez-les dans les lieux adaptés (déchetterie, pharmacie...).



