



Interreg
Alpine Space
Eco-AlpsWater
European Regional Development Fund



EUROPEAN UNION

2021

Eaux alpines & ADNe

BROCHURE POUR LE GRAND PUBLIC



Eco-AlpsWater

Des stratégies innovantes pour l'évaluation
écologique et la gestion de l'eau pour la
protection des services écosystémiques dans les
lacs et rivières alpins

EDITORS

Tina Elersek & Nico Salmaso

AUTHORS

TEXTE Katarina Novak, Aleksandra Krivograd Klemenčič,
Nataša Dolinar, Tadeja Šter, Maša Zupančič, Tina Elersek,
Ute Mischke, Hans Rund, Nico Salmaso. Une partie du texte
a été modifiée à partir du texte publié dans ŽIT, LXXII,
octobre, 2021

REVUE par Hans Rund

PHOTOS réalisées par l'Agence pour l'environnement de la
République de Slovénie et l'Institut national de biologie
(Maša Zupančič, Tina Eleršek)

DESSINS de Mateja Pivk (artinfo.si)

DESIGN Tina Elersek

ÉDITEUR l'Institut national de biologie

Copyright © l'Institut national de biologie 2021

édition électronique

Ljubljana, 2021

INFO tina.elersek@nib.si

Kataložni zapis o publikaciji (CIP) pripravili v Narodni in
univerzitetni knjižnici v Ljubljani

[COBISS.SI](https://cobiss.si)-ID [84242691](https://cobiss.si/84242691)

ISBN 978-961-7144-04-8 (PDF)

Nous connaissons tous
l'eMAIL, l'eBOOK,
l'eWALLET ... mais ADNe
est quelque chose de
complètement différent!
Découvrez-en plus ici!

Interreg
Alpine Space
Eco-AlpsWater

European Regional Development Fund





Contenu

Introduction et zones pilotes d'EAW.....	3
Impact humain sur les écosystèmes des eaux intérieures.....	6
État écologique et surveillance des eaux	7
<i>Phytobenthos</i>	9
<i>Phytoplankton</i>	10
<i>Poissons</i>	11
Statut écologique et analyse de l'ADN environnemental	12
Bibliothèque et imprimerie moléculaires	14
L'avenir de l'évaluation de l'état des eaux	16



Toutes les actions dans le domaine de l'environnement se reflètent dans la santé de nos eaux.



Introduction et zones pilotes d'EAW

Les eaux intérieures ne représentent que quelques pour cent de l'eau dans le monde, mais leur rôle sur notre planète est inestimable. Ces eaux sont l'une des ressources naturelles les plus précieuses de la Terre, et en même temps elles sont fortement menacées par les activités humaines. De nombreuses masses d'eau de surface sont touchées par la pollution et la dégradation de la fonctionnalité des écosystèmes. Des ressources en eau de qualité et propres sont principalement importantes pour l'approvisionnement en eau potable, mais elles sont également cruciales pour l'hygiène et les soins de santé, l'agriculture, l'industrie, les loisirs, le tourisme et d'autres services écosystémiques. La base d'une gestion efficace des ressources en eau est la surveillance régulière de l'état des eaux, qui nous permet de détecter les changements dans l'environnement. En surveillant les inventaires de taxons et divers indicateurs biologiques, nous pouvons reconnaître à temps une détérioration de la situation et prendre les mesures appropriées.

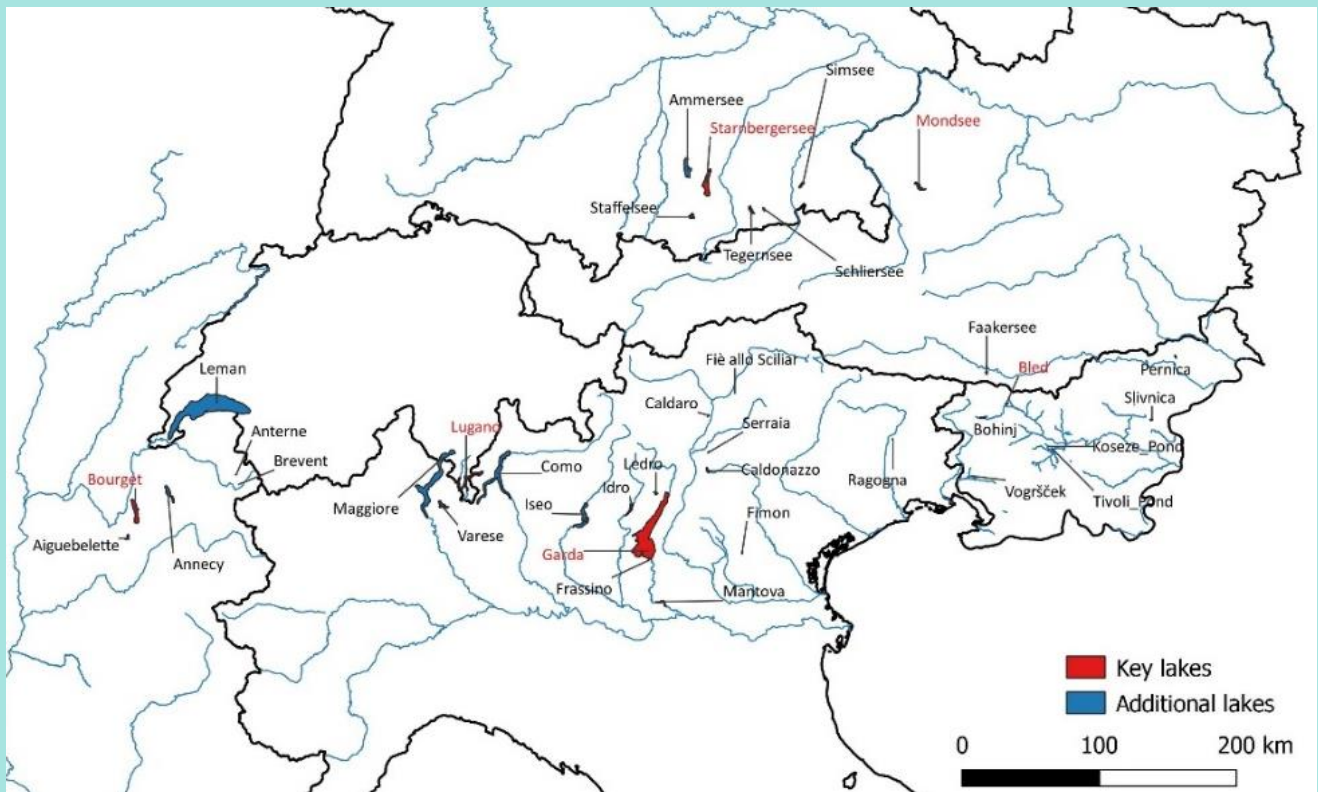
Le site web d'Eco-AlpsWater (EAW) propose de nombreuses images et vidéos :

<https://www.alpine-space.org/eco-alpswater>

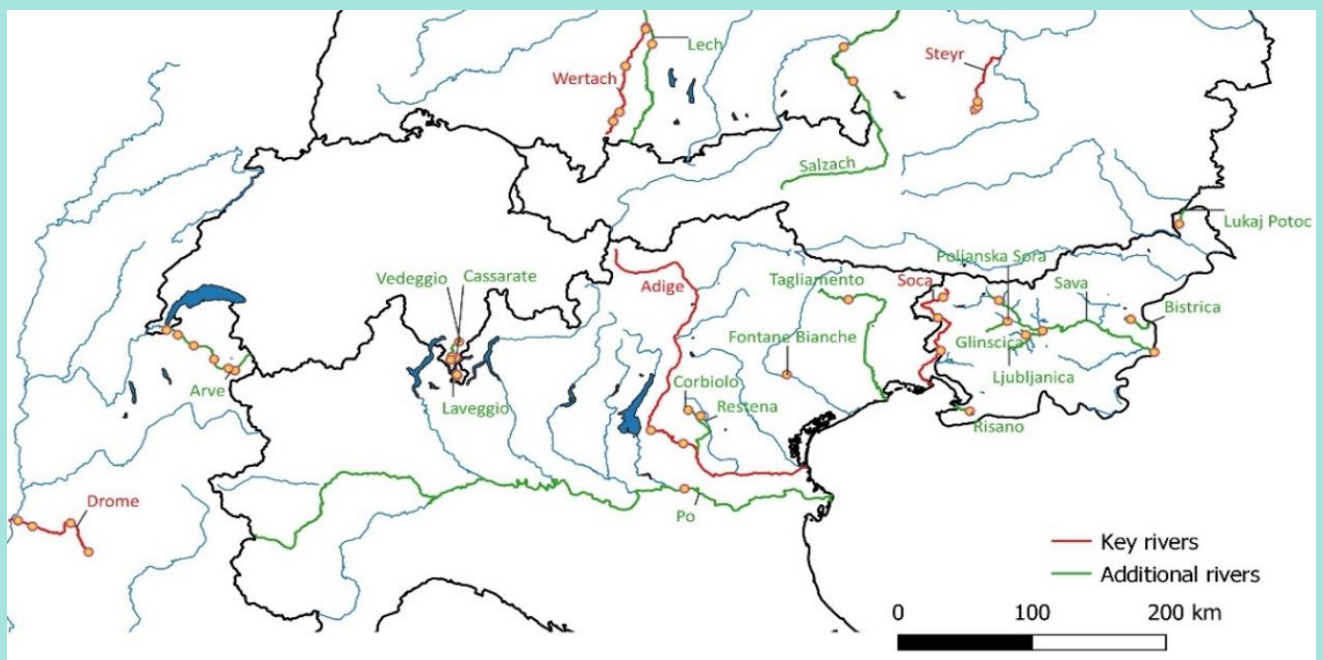
Une courte vidéo du projet :

<https://www.youtube.com/watch?v=VIKk9LVRqho>

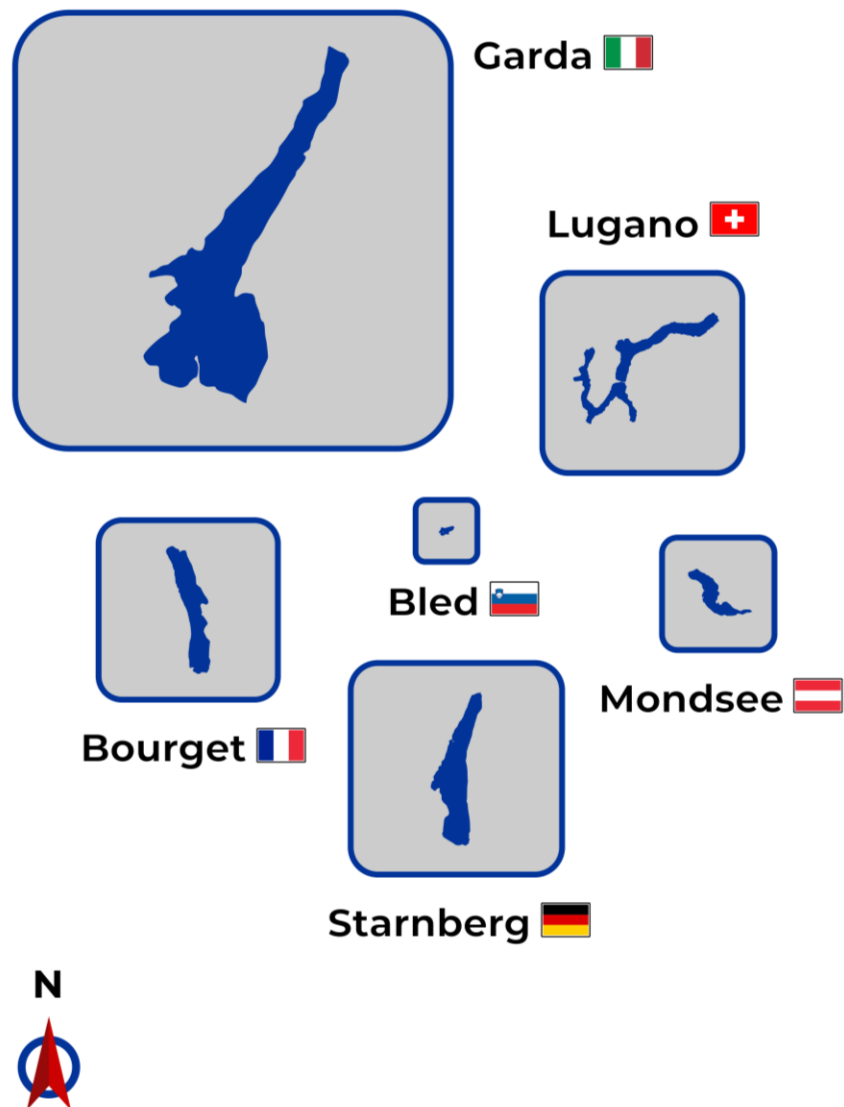
La surveillance de l'état écologique des eaux peut être effectuée à l'aide de méthodes traditionnelles et/ou modernes. Cependant, de nouvelles méthodes doivent d'abord être développées, optimisées et une comparaison approfondie des résultats des deux approches doit être effectuée. C'est exactement le but du projet [Eco-AlpsWater](#) (EAW), dans lequel un consortium de 12 partenaires des pays alpins s'est occupé des dernières approches scientifiques. Ils les ont testées dans des zones pilotes et ont ensuite associé ces nouvelles découvertes et expériences aux décideurs et aux gestionnaires de l'eau. L'acronyme du projet EAW représente l'évaluation écologique innovante et la stratégie de gestion de l'eau pour la protection des services écosystémiques dans les lacs et rivières alpins. L'objectif principal de ce projet européen est d'améliorer les approches traditionnelles de surveillance de l'état écologique des eaux en utilisant des techniques avancées de séquençage de l'ADN de nouvelle génération (métabarcodage). La nouvelle approche utilise l'analyse de séquençage à haut débit pour analyser l'ADN inclus dans les bactéries microscopiques, les algues et autres micro-organismes, ou libéré par les plantes et animaux aquatiques plus grands, y compris les poissons (ADN environnemental, ADN_e). Les nouvelles techniques permettent une identification rapide et rentable des espèces ainsi qu'un traitement intelligent des données, leur stockage et la recherche d'informations dans les grandes masses de données.



Lacs clés d'EAW : Bled, Bourget, Garda, Lugano, Mondsee et Starnberg.



Rivières clés d'EAW : Adige, Drome, Soča, Steyr et Wertach.



Les principaux lacs d'Autriche, de France, d'Italie, d'Allemagne, de Slovénie et de Suisse ont été échantillonnés à intervalles mensuels, pour obtenir un ensemble final de plus de 180 échantillons. Ces lacs sont très divers en termes de taille et de caractéristiques biochimiques. Par conséquent, les nouvelles méthodes moléculaires ont également été testées sur 150 échantillons provenant d'autres plans d'eau des régions alpines d'Autriche, de France, d'Italie, d'Allemagne, de Slovénie et de Suisse, pour un total de plus de 330 échantillons analysés.



Impact humain sur les écosystèmes des eaux intérieures

L'homme, par son mode de vie et ses interférences dans l'environnement, a un impact significatif sur la qualité de l'eau, les processus naturels, la structure et la forme des eaux courantes et stagnantes. L'impact humain peut modifier l'environnement aquatique à tel point que les organismes existants ne sont plus capables de s'adapter aux nouvelles conditions. Ce processus entraîne une modification de la composition naturelle des espèces, les espèces indigènes se raréfient ou disparaissent complètement, et de nouvelles espèces, potentiellement invasives, viennent combler ces lacunes, avec des conséquences potentiellement négatives pour l'écosystème et les services écosystémiques associés.

Un **écosystème** se compose d'organismes et de l'environnement physique auquel ces organismes sont associés. L'**écosystème aquatique** comprend les organismes qui vivent dans ou sur l'eau et leur environnement - eau, sédiments, zone riveraine, etc. Les ruisseaux, les rivières, les étangs, les lacs et les zones humides sont des exemples d'écosystèmes aquatiques.



Exemples d'interventions humaines dans les milieux aquatiques : utilisation intensive, charge en nutriments et en substances organiques avec les rejets d'eaux usées, lavage des surfaces, des routes et de l'air, drainage, irrigation, construction de murs, de seuils et de barrières.

L'homme a toujours exploité l'eau douce et l'espace riverain. Avec le développement de l'agriculture et de l'urbanisation, nous avons asséché de nombreuses zones humides et plaines inondables, et pour nous protéger des inondations, nous avons nivelé le lit des rivières, construit des barrages et, en de nombreux endroits, nous les avons entourées de murs anti-inondation. Avec l'utilisation intensive de l'espace, nous modifions souvent les zones riveraines caractéristiques des rivières et des lacs. En outre, nous modifions la chimie de l'eau, par exemple l'eutrophisation provoque la prolifération des algues, qui est la réponse biologique à la surcharge en nutriments provenant de l'agriculture et des eaux usées.



Évaluation conventionnelle de l'état écologique

Qu'est-ce qu'un état écologique ?

Afin d'améliorer et/ou de maintenir l'état des eaux, il est nécessaire de connaître et de surveiller régulièrement leur état. À cette fin, les pays alpins effectuent également une **surveillance** de l'eau conformément aux réglementations nationales (CH-WPO) ou européennes (DCE) et évaluent l'**état écologique des eaux**. Cet état nous indique dans quelles conditions se trouvent les écosystèmes aquatiques et les organismes associés comme les microalgues, les plantes et les animaux. Certaines espèces sont des indicateurs importants pour déterminer l'état des masses d'eau ; une détermination précise et objective est donc nécessaire. Outre les aspects biologiques, les aspects chimiques et hydrologiques sont également pris en compte pour évaluer l'état écologique aussi précisément que possible. Cependant, le projet EAW ne s'est concentré que sur les aspects biologiques. Des mesures de surveillance supplémentaires sont mises en œuvre pour répondre à d'autres questions, comme celle de savoir si l'eau est **propre à la baignade, à la consommation, à l'arrosage ou à d'autres usages**.

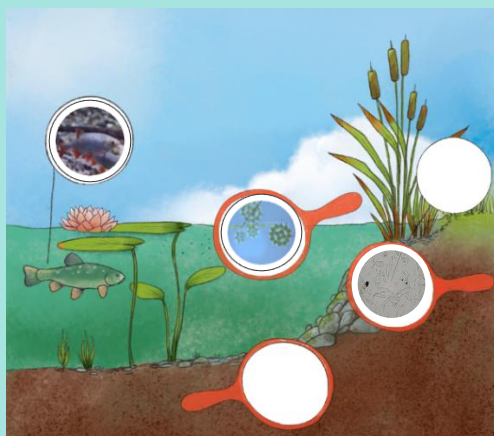


L'évaluation classique de l'état écologique est illustrée par une échelle de couleurs à cinq classes, et la description normative de chaque classe est reprise de la directive-cadre européenne sur l'eau (DCE).



Une échelle de couleurs allant de très bon (bleu) à mauvais (rouge) est utilisée pour illustrer l'état écologique. Dans toute l'Europe, tous les gestionnaires de l'eau se sont mis d'accord sur le même objectif, à savoir maintenir toutes les masses d'eau dans un état écologique bon ou très bon. Une comparaison entre la situation réelle et l'état naturel attendu permet de déterminer l'ampleur de la déviation due aux activités humaines.

Les eaux diffèrent les unes des autres (par exemple en ce qui concerne les caractéristiques du débit, le transport des sédiments, l'exposition à la lumière, la profondeur ou les concentrations de nutriments), et chaque type d'eau a sa propre composition caractéristique en termes d'espèces végétales et animales. Les lacs et les rivières sont classés en **différents types de masses d'eau**. Par exemple, les lacs alpins présentent des caractéristiques différentes de celles des lacs de plaine, et sont évalués à l'aide d'autres indicateurs et seuils de nutriments.



Chaque élément de qualité biologique répond différemment aux diverses pressions et changements dans l'écosystème aquatique, il peut donc servir d'indicateur. Dans le cadre du projet EAW le phytobenthos, le phytoplancton et les poissons ont été sélectionnés pour l'analyse.

La présence ou l'absence de certains organismes est un bon indicateur de l'état écologique d'un habitat particulier ; ces organismes sont appelés organismes indicateurs ou bio-indicateurs. Ils ont besoin de conditions spécifiques pour leur croissance et leur reproduction et sont très sensibles aux changements, ce qui signifie que dans le cas d'une dégradation de l'habitat, ils ne sont plus présents ou leur abondance change. Pour déterminer précisément l'état d'un lac ou d'une rivière, plusieurs éléments de qualité biologique sont pris en compte, dont certains sont décrits ci-dessous.

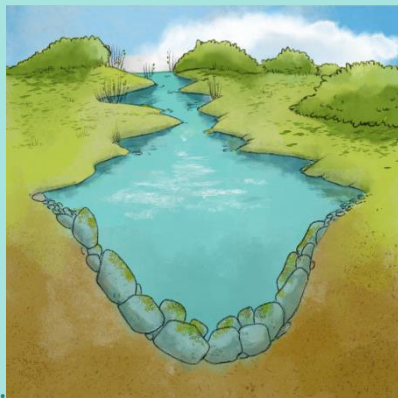
Pour des informations détaillées concernant l'échantillonnage des différents éléments de qualité biologique (phytobenthos, phytoplancton et poissons), veuillez consulter la page web d'EAW (<https://www.alpine-space.org/projects/eco-alpswater/en/project-results/documents>).

L'échantillonnage peut également être vu dans différentes vidéos sur la page web d'EAW (<https://www.alpine-space.org/projects/eco-alpswater/en/info-material/videos>).



Phytobenthos

Les phytobenthos sont des micro-algues (par exemple des algues vertes, des euglénophytes, des algues rouges, des algues jaunes ou des algues siliceuses appelées diatomées) et des cyanobactéries qui vivent fixées au substrat (pierres, macrophytes, racines, bois et débris végétaux). Dans le projet EAW, nous nous sommes principalement concentrés sur la communauté phytobenthique des diatomées, dont la couche cellulaire externe est constituée de silice.



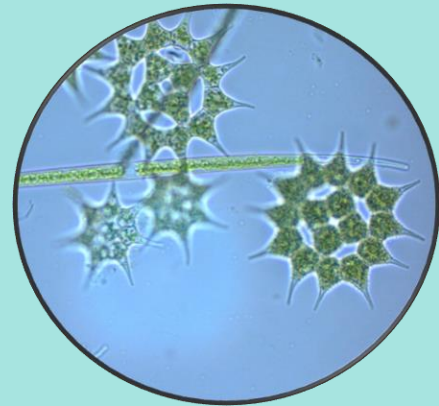
Le biofilm d'algues sur les pierres, recueillies dans les rivières ou les lacs, est raclé dans un récipient à l'aide d'une brosse. Au laboratoire, la matière organique contenue dans les cellules est éliminée à l'acide, ne laissant que des frustules siliceuses (coquilles). L'échantillon purifié est ensuite chargé sur une lame microscopique et analysé pour déterminer la présence et l'abondance des espèces de diatomées, à l'aide d'un microscope optique.

Les différentes espèces de diatomées se distinguent par la forme et la structure de leurs frustules. En raison de la prévalence générale des diatomées et de leur réaction rapide aux changements de l'environnement, elles constituent un bon indicateur de la qualité de l'eau. Sur la base des espèces indicatrices trouvées dans l'échantillon et de leur fréquence, nous calculons l'indice trophique et saprobique et l'état écologique pour la charge en nutriments (trophique) et organique (saprobique).



Phytoplankton

Le phytoplancton est un groupe vaste et très riche en espèces de micro-algues et de cyanobactéries flottantes. Tous partagent le pigment vert chlorophylle a pour la production primaire, ce qui peut être utilisé comme un indicateur de leur biomasse. Bien que certaines d'entre elles puissent nager à l'aide de flagelles ou réguler leur position dans une profondeur d'eau spécifique grâce à des vésicules de gaz, elles sont principalement transportées et dérivées par les courants des masses d'eau. C'est pourquoi le phytoplancton est important, surtout dans les eaux à faible courant et les eaux stagnantes, et peut provoquer des proliférations d'algues toxiques. Avant l'échantillonnage, un disque spécial est utilisé pour déterminer la profondeur à laquelle il y a encore suffisamment de lumière pour se développer et donc la profondeur jusqu'à laquelle les échantillons sont prélevés (en partant de la surface de l'eau). La méthode traditionnelle prend beaucoup de temps et les biologistes doivent connaître de nombreux traits morphologiques pour déterminer les espèces. En complément, les échantillons prélevés au filet à plancton contiennent un concentré de cellules vivantes, mais ils ne conviennent pas pour le comptage, car le filet est sélectif pour les plus grandes cellules.



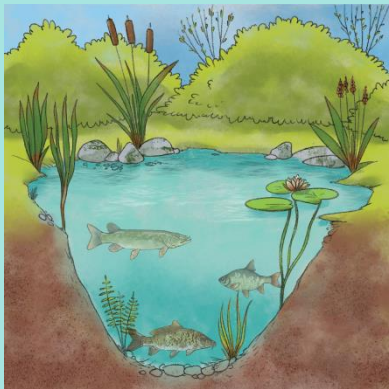
Les échantillons de phytoplancton sont collectés le long d'un gradient de profondeur, en utilisant un échantillonneur d'eau intégré. L'échantillon est conservé et coloré avec un fixateur (Lugol) pour être stocké jusqu'à l'analyse. Sous un microscope optique, les cellules des espèces de phytoplancton sont comptées et le volume cellulaire de chaque espèce est enregistré, allant de 2 à 50000 μm^3 .

Sur la base du biovolume cellulaire et de l'abondance, le biovolume phytoplanctonique total de l'échantillon peut être déterminé. En utilisant la composition des espèces, l'abondance, le biovolume cellulaire total, la concentration en chlorophylle a et les valeurs indicatrices des espèces individuelles, nous calculons l'indice multi-métrique du phytoplancton et le statut écologique, qui est principalement lié aux charges en nutriments des lacs (état trophique).



Poissons

Les poissons sont souvent le dernier maillon de la chaîne alimentaire dans les eaux, ils sont donc un indicateur de l'état de l'ensemble de l'écosystème aquatique. En raison de leur durée de vie plus longue, ils sont sensibles aux changements à long terme de l'environnement. Les poissons reflètent l'état du cours d'eau en amont et en aval ainsi que l'état des affluents, car ils se déplacent activement au cours des différentes périodes de leur vie ou des différentes parties de la journée en raison de leurs habitudes migratoires et de l'utilisation de différents habitats. Ils sont donc particulièrement sensibles aux changements hydromorphologiques. L'échantillonnage se fait par pêche électrique dans les rivières et les lacs et par l'utilisation de filets maillants de différentes tailles de maille dans les zones pélagiques et littorales des lacs. La pêche électrique est pratiquée par des pêcheurs qualifiés, qui utilisent des impulsions électriques pour étourdir temporairement les poissons et les faire sortir de l'eau. Les poissons sont ensuite comptés, les espèces identifiées et leur longueur et poids mesurés. Après les mesures, les poissons étourdis sont placés dans un bac d'eau douce, où ils peuvent récupérer avant d'être relâchés dans une zone calme près des rives d'une rivière ou d'un lac. Les filets maillants sont utilisés pour attraper les espèces de poissons qui ne peuvent être capturées par la pêche électrique en raison de leurs préférences en matière d'habitat pélagique ou benthique. Malheureusement, il s'agit d'une approche très invasive et la plupart des poissons capturés avec des filets meurent.



Les poissons reflètent l'état du cours d'eau en amont comme en aval et l'état des affluents. Ils sont particulièrement sensibles aux changements hydromorphologiques de l'eau.

Sur la base de la zone échantillonnée, du nombre et des données sur la longueur et le poids des poissons, nous calculons l'abondance de l'espèce et la biomasse par hectare de cours d'eau. En mesurant la longueur, nous obtenons un aperçu de la composition par âge et donc du succès reproductif de la communauté de poissons. Sur la base des données collectées, nous calculons les indices appropriés et l'état écologique pour la dégradation générale de l'eau.



Statut écologique et analyse de l'ADN environnemental

Tous les organismes présents dans l'eau laissent leurs traces génétiques, qui contiennent des informations essentielles sur l'état écologique du milieu. Les chercheurs s'efforcent d'apprendre à lire ces traces en séquençant l'ADN environnemental (ADN libre et ADN des micro-organismes).



L'**ADN** (acide désoxyribonucléique) est le support de l'information génétique chez tous les êtres vivants.

L'**ADNe** (ADN environnemental) est l'ensemble du matériel génétique présent dans un environnement

Toutes les analyses commencent par un échantillonnage. Pour les analyses moléculaires, nous avons besoin d'un échantillon d'eau ou de biofilm (ensemble de micro-organismes fixés à un substrat solide, par exemple le phytobenthos) à partir duquel nous isolons l'ADN environnemental. De nombreux organismes sont présents dans l'environnement aquatique, depuis les virus et les bactéries jusqu'aux plantes et aux animaux aquatiques, en passant par les visiteurs occasionnels - les humains ou leurs animaux de compagnie. Tous ces organismes laissent leurs molécules d'ADN dans l'environnement. Par le terme "ADN environnemental" (ADNe), nous entendons l'ensemble du matériel héréditaire de tous les organismes qui sont (ou ont été) présents dans l'environnement échantillonné. Ce matériel génétique peut provenir directement des cellules des micro-organismes qui sont échantillonnés avec l'eau (par exemple, des algues ou des bactéries microscopiques). Chez les organismes plus grands (par exemple, les poissons ou les humains), il est transmis à l'environnement par les sécrétions corporelles, les peaux mortes, les poils et autres, et peut perdurer, sous forme de molécules d'ADN libres, dans l'environnement aquatique pendant plusieurs jours, voire plusieurs semaines. Cependant, si l'ADN est piégé dans les sédiments au fond des masses d'eau, il peut y rester pendant des années ou des décennies, voire des millénaires dans certains cas, ce qui ouvre la porte à la recherche paléo-écologique.

L'ADN environnemental obtenu à partir de l'échantillon d'eau apporte un certain nombre de réponses aux questions écologiques ; il suffit de savoir le lire. L'ADN est une longue chaîne de nucléotides, symbolisée par les lettres A, T, G et C, qui représentent quatre bases azotées différentes (adénine, thymine, guanine et cytosine). L'alphabet génétique se compose donc de quatre lettres seulement qui codifient toute la vie sur notre planète. Si un nucléotide est une lettre unique, les codons individuels (ensembles de trois nucléotides) sont des mots, et chaque gène est sa propre phrase. Chaque organisme, porte en lui, un livre appelé le génome - son dossier génétique complet.



Cette parabole, tirée du livre *Genome* de l'auteur Matt Ridley, nous aidera à comprendre le patrimoine génétique et les méthodes moléculaires.

Si nous lisons le génome entier de chaque organisme, nous pourrions reconnaître son identité : espèce, sous-espèce, parfois aussi son origine géographique ou d'autres caractéristiques. Cependant, la lecture du génome entier (connue sous le nom de génomique) prend du temps et, surtout, conduit à d'énormes quantités de données. On peut s'attendre à trouver de nombreuses espèces différentes d'organismes dans chaque échantillon. Si l'on voulait lire l'intégralité des génomes de tous les organismes présents dans chaque échantillon, le traitement et le stockage d'une telle quantité de données constitueraient un énorme défi.



Nous ne sommes pas intéressés par la détermination de l'état écologique de tous les organismes présents dans l'eau, mais seulement de certains groupes d'organismes. Au lieu de lire un livre du début à la fin, nous n'en lisons qu'une courte section - une section unique pour chaque type.

De plus, nous ne sommes pas intéressés par la détermination de l'état écologique de tous les organismes présents dans l'eau, mais seulement de certains groupes d'organismes. Au lieu de lire un livre du début à la fin, nous n'en lisons qu'une courte section - une section unique pour chaque type. Pour chaque groupe d'organismes, une région spécifique du dossier génétique a été sélectionnée, sur la base de laquelle nous pouvons distinguer les espèces individuelles les unes des autres. Pour les bactéries, par exemple, il s'agit d'une partie du gène de l'ARNr 16S, qui porte la transcription de la sous-unité mineure du ribosome. La séquence de nucléotides de cette région doit être suffisamment diverse entre les différentes espèces pour permettre de les distinguer, tout en étant préservée au sein de la même espèce afin que tous ses représentants puissent être identifiés comme la même espèce. Le terme de code-barres s'est imposé pour de telles régions, c'est pourquoi le processus de lecture de la séquence de nucléotides de segments d'ADN sélectionnés est également appelé barecodage.



Bibliothèque et imprimerie moléculaires

Il ne s'agit pas d'une bibliothèque classique où l'on emprunte des livres, mais d'une bibliothèque de laboratoire où l'on recherche des phrases spécifiques pour ensuite les "multiplier" ou les "imprimer". Une fois que nous avons sélectionné la région appropriée pour les organismes qui nous intéressent, nous devons multiplier cette section d'ADN en autant de copies que possible. Dans un échantillon contenant les dossiers génétiques complets de tous les organismes présents, à savoir, notre section sélectionnée représente une proportion négligeable dans la multitude de millions et de millions de nucléotides, elle ne peut donc pas être analysée séparément. Imaginez que vous deviez trouver une phrase spécifique dans une pile de livres épais, dans chacun d'eux, sans la commande "recherche", identifier les différences de ces phrases entre les livres individuels, et compiler un rapport à partir de vos observations. Cela semble être une tâche longue et ardue.

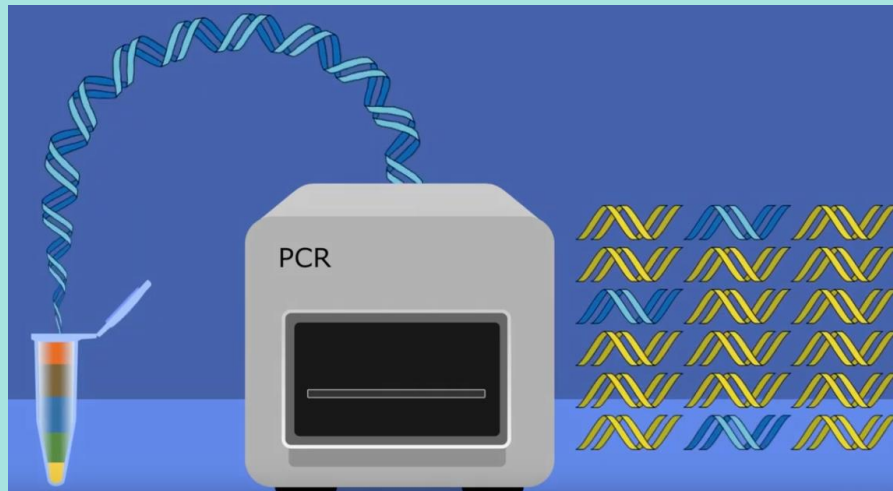


Parties d'une bibliothèque et d'une imprimerie moléculaire.

Les chercheurs utilisent un outil moléculaire qui combine les commandes "chercher", "copier" et "coller". Cet outil, appelé réaction en chaîne par polymérase (PCR), peut créer des milliards de copies en une heure ou deux à partir de quelques copies de la région d'ADN étudiée. Elle y parvient en imitant les mêmes conditions que celles qui se produisent lors de l'amplification de l'ADN dans une cellule vivante. Le rôle clé dans ce processus est joué par de courts fragments de la séquence de nucléotides, qui jouent le rôle de la fonction de "recherche". Comme ils sont conçus pour correspondre aux premières et dernières lettres de la phrase que nous recherchons, ils ne liront que la partie sélectionnée dans tout l'ouvrage et ignoreront toute autre information inutile. L'autre acteur majeur de la multiplication est l'enzyme polymérase, qui remplit les fonctions de "copier" et de "coller", tout comme cela se passe actuellement dans les cellules de votre corps. La seule différence est que dans les cellules vivantes, lorsqu'elles se divisent, l'ensemble de leur patrimoine héréditaire est doublé, alors que dans une réaction de laboratoire, seule une région sélectionnée l'est.



Après une telle réaction d'amplification, la région d'ADN que nous avons étudiée représente la grande majorité de l'échantillon, et le reste de l'ADN n'en représente qu'une proportion négligeable.



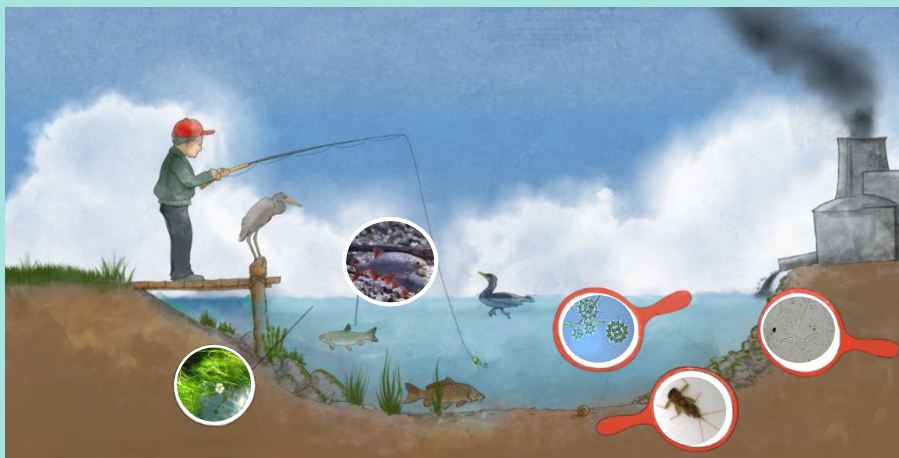
Multiplication des régions d'ADN sélectionnées (jaune).

Maintenant, au lieu d'un livre épais rempli d'informations inutiles pour nous, nous avons un dossier rempli de copies identiques de la phrase qui nous intéresse. Il nous suffit de lire cette phrase - la section d'ADN que nous avons choisie - au cours d'un processus appelé séquençage de l'ADN. Après le séquençage de l'ADN, nous avons devant nous un nombre énorme de ces lettres qui constituent les séquences des différentes espèces. Cependant, puisque - comme dans une langue étrangère - la séquence de lettres seule ne signifie rien pour nous, nous avons besoin d'un dictionnaire. C'est ici qu'intervient l'histoire de la bibliothèque de référence ; de vastes bases de données biologiques où sont stockées les séquences nucléotidiques de nombreuses espèces d'organismes obtenues par séquençage de l'ADN dans le cadre de projets de recherche. La traduction d'une séquence de nucléotides en listes d'espèces d'organismes s'effectue à l'aide de divers algorithmes, comme si vous tapiez un mot étranger dans le navigateur d'un dictionnaire en ligne, qui vous renverrait sa signification sous une forme que vous comprenez. Lorsque cette opération est effectuée pour toutes les séquences nucléotidiques lues, le résultat est une liste de toutes les espèces d'organismes identifiées présentes dans l'échantillon. Cependant, il existe encore de nombreuses espèces d'organismes qui n'ont pas encore leur propre entrée dans les bibliothèques de référence ; nous ne connaissons pas leur dossier génétique. Cela concerne principalement les organismes microscopiques dont la culture et l'identification en laboratoire sont très difficiles, voire impossibles. Ces lacunes dans les bibliothèques de référence compliquent grandement le traitement bio-informatique des résultats du barcodage.



L'avenir de l'évaluation de l'état des eaux

Le plus grand potentiel de la surveillance dite moléculaire réside dans le gain de temps, l'augmentation de la sensibilité des méthodes, la détection des espèces sans les blesser (par exemple les poissons) et la possibilité de réduire les coûts à l'avenir. On peut imaginer l'effort que représente la mise en place d'un suivi complet des poissons en plaçant des filets à toutes les profondeurs dans les lacs par rapport à la filtration de quelques litres d'eau. La technologie du séquençage de l'ADN évolue rapidement, et le coût du processus est en baisse. Par rapport à la détermination fastidieuse des espèces indicatrices sur la base de critères morphologiques, les méthodes moléculaires sont très puissantes et permettent l'analyse parallèle de nombreux échantillons en peu de temps. En outre, elles pourraient également permettre de détecter des espèces rares, difficiles voire impossibles à détecter avec les méthodes traditionnelles



On trouve des espèces indicatrices dans tous les éléments biologiques permettant de déterminer l'état écologique des eaux par la méthode traditionnelle : phytoplancton, phytobenthos et macrophytes, invertébrés benthiques et poissons. Les outils moléculaires suggèrent que les espèces indicatrices peuvent également se trouver dans d'autres groupes d'organismes. L'écosystème aquatique est beaucoup plus complexe que ce que l'on peut actuellement détecter par les méthodes traditionnelles.

Bien entendu, l'inclusion de nouvelles méthodes basées sur l'ADN dans les pratiques de surveillance n'est pas simple. La surveillance de l'état écologique repose sur de longues séries chronologiques de données, pour la comparaison desquelles il est crucial qu'elles aient été obtenues à l'aide de la même méthodologie. En outre, un état de référence est défini pour chaque type de masse d'eau - un état où aucun impact humain n'est observé ou qui est très faible - qui sert de base pour déterminer la qualité. La transition vers la surveillance moléculaire nécessite donc du temps pour assurer une mise en œuvre réussie dans la biosurveillance de routine. Il est d'abord nécessaire



d'évaluer systématiquement la fiabilité de ces méthodes et la comparabilité de leurs résultats avec ceux des méthodes traditionnelles, d'adapter les indices biologiques et les conditions de référence existants et d'ajuster les procédures d'échantillonnage pour répondre aux besoins des analyses moléculaires après traitement aseptique sur le terrain et en laboratoire du biofilm et des échantillons d'eau.

De nombreux projets de recherche et réseaux d'institutions scientifiques dans le monde entier se concentrent sur ces questions, et certains pays ont déjà commencé à introduire le barcodage de l'ADN dans leur programme de surveillance écologique de l'eau. Le Royaume-Uni a été le premier pays européen à franchir cette étape ; il y a quelques années, il a annoncé le début de la surveillance moléculaire d'un groupe de diatomées qui constituent l'un des principaux bioindicateurs des milieux aquatiques. Toutefois, l'introduction de tels changements requiert prudence et prévoyance, car les ambiguïtés déjà mentionnées sont la clé de l'introduction progressive de nouvelles méthodes, qui doivent avant tout compléter et non remplacer complètement l'approche établie jusqu'à présent. Le suivi moléculaire n'a pas encore été mis en place dans tous les pays alpins, mais des recherches sont déjà en cours pour montrer qu'il est très utile que le suivi traditionnel et le suivi moléculaire soient menés en parallèle pendant un certain temps.

Les méthodes moléculaires ont un grand potentiel dans la surveillance de l'état écologique de l'eau, et seul le temps et de nombreuses études montreront comment nous pouvons les utiliser de manière plus significative. Mais la vie (l'eau) sera plus compréhensible après la mise à jour de nos méthodes de surveillance conventionnelles. L'objectif à court terme des chercheurs est d'établir la stratégie la plus optimale pour tous les types de masses d'eau et pour tous les éléments biologiques, qui permettra d'obtenir un aperçu complet de l'état réel de l'écosystème avec le plus faible investissement en temps et en argent, en combinant les méthodes traditionnelles et moléculaires. Il convient de noter que les méthodes moléculaires ne remplaceront probablement jamais complètement les méthodes traditionnelles et que le besoin d'experts qualifiés en morphologie des espèces restera présent pendant longtemps encore.

Nous ne devons pas oublier qu'il s'agit de nouveaux outils, mais que l'objectif principal reste le même : protéger nos ressources en eau et fournir une eau propre à l'ensemble de la population y compris dans le futur.



Rejoignez notre réseau alpin d'EAW à l'adresse suivante :

<https://www.alpine-space.org/projects/eco-alpswater/en/project-results/eaw-alpine-network>

et suivez aussi nos activités EAW plus loin !



Interreg
Alpine Space
Eco-AlpsWater
European Regional Development Fund



Interreg
Alpine Space
Eco-AlpsWater



European Regional Development Fund



Cette brochure a été créée dans le cadre du projet Eco-AlpsWater, qui est partiellement financé par l'Union européenne à partir du Fonds européen de développement régional (soutien de l'UE : 1 447 666,54 €). Le projet a été mis en œuvre dans le cadre du programme de coopération transnationale INTERREG Alpine pour la période 2014-2020.

