

QUALITÉ DES EAUX SUPERFICIELLES 2018-2022



QUALITÉ DES EAUX SUPERFICIELLES 2018-2022

Préface	2
Introduction	4
Les rivières vaudoises	10
Contexte.....	13
Nutriments.....	16
Micropolluants.....	24
Métaux.....	38
Qualité biologique et écotoxicologique.....	42
Poissons et écrevisses.....	48
Pollutions.....	54
Températures.....	60
Microplastiques.....	68
Renaturation des cours d'eau.....	78
Boiron de Morges.....	88
Venoge.....	102
Qualité biologique de 3 grands cours d'eau.....	110
Les lacs vaudois	118
Contexte.....	120
Bilan de santé.....	124
Espèces invasives.....	134
Les milieux de sources et leur environnement	140
Régions hydrographiques prioritaires pour la qualité des eaux (RHP)	148
Perspectives et conclusion	162

PRÉFACE

2



Avec les trois autres éléments que sont la terre, l'air et le feu, l'eau occupe une place unique dès lors qu'elle a permis la vie sur la terre. De nos jours, l'eau reste plus que jamais un élément clé de notre qualité de vie.

Nos lacs et nos rivières jouent en effet un rôle déterminant pour la vitalité des écosystèmes et la biodiversité. Ils constituent un réservoir pour l'irrigation, tout en alimentant en eau potable un large bassin de population. Source de fraîcheur, ils permettent de lutter contre les effets de la canicule et offrent une palette très large d'activités locales de loisirs ou sportives. Par leur potentiel thermique, ils représentent une source d'énergie non négligeable et contribuent directement à notre alimentation grâce à la pêche.

L'eau représente assurément un enjeu majeur de notre société. A l'heure où le changement climatique nous conduit déjà vers un arbitrage pour son usage, l'eau s'impose de plus en plus comme une ressource inestimable, dont la qualité doit, sans aucun doute possible, être préservée.

Le présent bilan de la qualité des eaux superficielles de notre canton met en lumière les efforts déployés et les progrès accomplis lors des dernières décennies. Grâce notamment à l'amélioration de nos systèmes d'évacuation et de traitement des eaux usées, la renaturation des rives et des cours d'eau ou l'utilisation réduite de produits phytosanitaires, une amélioration notable de la qualité biologique et chimique de nos eaux est clairement mise en évidence dans de nombreux bassins versants. Le diagnostic établi dans ce document met toutefois également en évidence les nombreuses menaces qui planent sur cette ressource.

Miroir de notre société et de nos modes de consommation et de production, nos eaux superficielles présentent une large palette de micropolluants qui constituent un réel enjeu de santé publique. Certains polluants persistants, héritages du passé ou encore de haute actualité, restent un défi pour les années à venir, de même que les microplastiques provenant de nos véhicules ou de nos déchets. Enfin, les organismes envahissants provoquent des déséquilibres majeurs qui impactent directement la qualité de nos écosystèmes aquatiques.

Les défis pour atteindre des objectifs élevés en matière de qualité des eaux, indispensables pour assurer une protection de notre environnement et de la population, sont donc particulièrement nombreux. Le Canton de Vaud est fermement résolu à atteindre ces objectifs en poursuivant une politique publique ambitieuse et proactive. Cela inclut le renforcement des dispositifs de surveillance de la qualité de l'eau et un effort prioritaire porté aux bassins versants particulièrement sensibles. Le Canton s'engage également à intégrer les enjeux liés au changement climatique dans ses stratégies de gestion de l'eau, en anticipant les impacts futurs pour garantir une gestion efficace et résiliente des ressources en eau à long terme.

Cette détermination à préserver cette ressource vitale pour les générations futures doit contribuer, à son échelle, à ce que la terre reste la planète bleue.

Sylvain Rodriguez

*Directeur de l'environnement industriel, urbain et rural
Direction générale de l'environnement*

INTRODUCTION





Lac de Joux

Les eaux superficielles jouent un rôle vital dans l'écosystème, offrant des ressources en eau douce essentielles à la vie humaine, animale et végétale. La préservation de la qualité de ces milieux constitue une préoccupation essentielle, tant en termes de protection de l'environnement que de sauvegarde de la santé publique.

Le Canton de Vaud est caractérisé par une grande diversité de cours d'eau, allant des rivières principales aux petits ruisseaux. Avec les lacs et les milieux de sources, ces ressources en eau sont essentielles, soutenant non seulement la vie aquatique, mais aussi l'approvisionnement en eau potable, l'irrigation agricole et les activités récréatives. Les rivières et les lacs offrent en effet un cadre idéal pour une multitude d'activités de loisirs et de sports nautiques. Que ce soit pour la baignade, la voile ou la pêche, ces espaces naturels permettent de profiter pleinement de la nature tout en pratiquant des activités physiques et récréatives. Ces environnements aquatiques sont également des lieux propices à la découverte de la faune et de la flore locales, renforçant l'attrait de ces activités pour les passionnés de nature et de plein air.

Il est donc crucial de surveiller et d'évaluer régulièrement la qualité des eaux afin de détecter tout problème potentiel et de prendre les mesures nécessaires pour préserver la vie des milieux aquatiques. Sur plus de 6 000 km de cours d'eau et plus de 100 plans d'eau du canton de Vaud, seule une partie représentative de ces objets est suivie régulièrement selon des critères d'emplacement, de taille et de valeur écologique (*Stratégie de surveillance et de protection de la qualité des eaux superficielles du Canton*¹²).

Au fil des dernières décennies, les inquiétudes relatives à la qualité biologique et chimique des rivières, des lacs et des milieux de sources ont pris de l'ampleur en raison des pressions exercées par les activités humaines et les changements environnementaux.

Les eaux de surface se trouvent en effet constamment vulnérables face à une multitude de sources de pollution. Parmi celles-ci, les zones urbaines représentent une menace importante, avec les rejets d'eaux usées domestiques et industrielles qui ajoutent une pression supplémentaire sur les ressources hydriques. Les eaux pluviales, après avoir traversé des zones urbaines, peuvent également transporter des polluants variés vers les cours d'eau et les lacs, amplifiant le problème de la pollution.

De même, les activités agricoles contribuent significativement à la pollution des eaux de surface en raison de l'utilisation de produits phytosanitaires et d'engrais. Les ruissellements agricoles transportent ces substances vers les bassins hydrographiques, engendrant des problèmes tels que l'eutrophisation et la contamination chimique.

En outre, les fluctuations climatiques, telles que les changements de température, les précipitations irrégulières et les événements météorologiques extrêmes, contribuent à la complexité de la situation. Ces variations climatiques peuvent influencer la concentration des polluants dans les eaux de surface et accentuer les effets néfastes sur la biodiversité aquatique.

Objectifs

L'objectif de ce rapport est multiple :

- établir un état des lieux précis de la qualité des eaux superficielles sur l'ensemble du canton ;
- mettre en évidence les tendances et les variations au fil des années lorsque des données historiques sont disponibles, et notamment des déficits de qualité ;
- contribuer à la mise en place de mesures d'amélioration et de préservation des milieux aquatiques.

Afin d'évaluer l'état des eaux superficielles et d'identifier les éventuelles altérations de leur qualité, une analyse approfondie sur une période de cinq ans, de 2018 à 2022, a été entreprise dans le Canton de Vaud. L'évaluation de la qualité chimique et biologique des eaux superficielles durant cette période permet de comprendre l'impact des activités anthropiques sur les écosystèmes aquatiques et de prendre des mesures appropriées pour leur préservation.

Une approche importante dans cette démarche est la définition de Régions hydrographiques prioritaires (RHP), qui identifient les périmètres présentant une qualité insatisfaisante des eaux des rivières.

Les déficits observés peuvent être le résultat de divers facteurs, tels que l'urbanisation croissante, la pollution industrielle, l'agriculture intensive ou d'autres activités anthropiques générant des rejets de substances nocives. L'identification des Régions hydrographiques prioritaires permet de concentrer les efforts de préservation et de remédiation sur les zones les plus vulnérables, en mettant en place des mesures spécifiques visant à améliorer la qualité de l'eau et à rétablir un équilibre écologique sain.

Ce rapport se veut être une ressource clé pour une gestion durable et responsable des ressources en eau du Canton de Vaud, afin de préserver cet héritage pour les générations futures. Le cycle de 5 ans permet de prendre en compte l'ensemble des cycles de données à disposition et de décrire la situation prévalant dans les milieux aquatiques du canton.

Cette démarche est prévue d'être renouvelée les années suivantes (2023–2027, 2028–2032, etc.).

Données de qualité des eaux superficielles

Ce rapport fait suite à la publication de la Stratégie de surveillance et de protection de la qualité des eaux superficielles du Canton en 2019. L'objectif de la Stratégie était de décrire l'ensemble des mesures et des analyses réalisées via les divers réseaux de surveillance de la qualité des cours d'eau, des lacs et des eaux usées (stations d'épuration) du canton. Elle proposait également un éventail de mesures de protection considérées comme efficaces et prioritaires permettant d'améliorer la qualité des eaux de surface du canton ou de maintenir ces eaux en bon état.

Le présent rapport précise, quant à lui, l'état de la qualité des eaux superficielles du Canton. Il s'appuie sur les très nombreuses données collectées chaque année dans les divers programmes de surveillance de la qualité chimique et biologique des eaux et en dresse une synthèse. Les données détaillées sont par ailleurs disponibles sur le site de la *veille hydrologique vaudoise*^[2], avec des cartes spécifiques pour la qualité chimique et biologique des cours d'eau. Ce rapport reprend également des résultats présentés entre 2014 et 2017 dans les publications « De source sûre » pour les *cours d'eau*^[2] et les *lacs*^[2].

La Stratégie de 2019 et le présent rapport doivent conjointement permettre de répondre à la question :
« Que devons-nous mesurer aujourd'hui pour répondre aux questions de demain ? »

Certaines thématiques sont en cours de développement et les résultats obtenus feront l'objet de chapitres plus détaillés dans le prochain rapport 2023–2027. Il s'agit notamment de la problématique des microplastiques dans les cours d'eau et les lacs, de nouvelles méthodes de surveillance telles que l'ADN environnemental ou encore les capteurs passifs.

La surveillance et l'état des lieux de la qualité des eaux souterraines fait l'objet d'un rapport similaire, afin de compléter le diagnostic sur la qualité des eaux environnementales du canton.

Du diagnostic aux politiques publiques

Ce rapport sur l'état des lieux de la qualité des eaux superficielles du canton s'inscrit dans une démarche cantonale liée à la gestion intégrée des eaux.

La pyramide de la figure 1 illustre comment les évaluations objectives à la base de la pyramide conduisent progressivement à des décisions politiques qui influencent la gestion et la protection des eaux. Chaque niveau intermédiaire est essentiel pour garantir que les décisions politiques soient fondées sur des données scientifiques solides et sur une évaluation complète des enjeux environnementaux.

Les conclusions du présent rapport contribuent ainsi pleinement à l'élaboration du Plan sectoriel de protection de la qualité des eaux (PSEaux-P), dont l'objectif est de mieux comprendre les enjeux liés à la qualité de l'eau et de mettre en œuvre les actions nécessaires pour protéger les précieuses ressources aquatiques.

Cette démarche s'associe par ailleurs à l'élaboration de plusieurs autres plans sectoriels cantonaux, construits également sur un double volet Diagnostic et Mesures :

- Plan sectoriel Utilisation des eaux (PSEaux-U)
- Plan sectoriel Irrigation (PSEaux-I)
- Plan sectoriel Infrastructure écologique
- Plan d'action biodiversité (mesure Nature en ville)
- Plan d'action Sols vaudois 2025–2030

L'ensemble de ces Plans sectoriels contribue à la construction d'une gestion intégrée des eaux à l'échelle du Canton, en concordance étroite avec les objectifs du *Programme de législature 2022–2027*¹² du Conseil d'Etat vaudois et de l'Agenda 2030 du Canton.

Plan de législature 2022–2027 :

- Mesure 2.10 : « Déployer une **gestion intégrée de l'eau** par bassin versant pour en assurer la qualité et l'utilisation pour les besoins de la population, de l'économie, de la biodiversité et des milieux aquatiques; mettre en œuvre à cet effet des **plans sectoriels** de protection et de gestion de la ressource en eau. »
- Mesure 2.11 : « Développer des **stratégies «Eau»** et «**Énergie**» pour le secteur agricole, coordonnées respectivement avec la **gestion intégrée de l'eau**, ainsi qu'avec la Conception cantonale de l'énergie (CoCEn). »

Agenda 2030 :

- Mesure 6.3 : Prévenir et réduire la pollution des eaux superficielles et souterraines, notamment en encourageant les bonnes pratiques d'utilisation des produits phytosanitaires, de réduction de la propagation de nitrates et de phosphore; améliorer leur qualité par l'élimination des micropolluants; sensibiliser la population aux défis de la pollution de l'eau.
- Mesure 6.5 : Assurer une gestion intégrée des bassins versants en renforçant la coordination intersectorielle, régionale (y compris transfrontalière) ainsi qu'entre les niveaux institutionnels.



Mise en œuvre et suivi

Allocation de ressources à la mise en œuvre des mesures décidées. Programmes de suivi pour évaluer l'efficacité des actions entreprises et pour s'assurer que les objectifs de qualité de l'eau sont atteints.

Ancrage cantonal

Le Plan sectoriel ancre les mesures avec un affinage des priorités et des ressources disponibles

Mesure

Mesures spécifiques à entreprendre pour restaurer ou maintenir la qualité des eaux

Évaluation des risques et des impacts

Détermination des sources de pollution, des tendances de qualité au fil du temps et des conséquences pour les écosystèmes

Analyse des données

Évaluation des données et de l'évolution des divers paramètres de qualité de l'eau.

Évaluation de la qualité des eaux superficielles

Collecte de données sur des paramètres tels que la composition chimique de l'eau, la biodiversité aquatique, la température de l'eau, etc.

Les actions en vert correspondent aux « Mesures » intégrées dans le Plan sectoriel de protection de la qualité des eaux (PSEaux-P).

Les actions en bleu représentent le volet « Diagnostic » de l'évaluation de la qualité des eaux de surface du canton, se concentrant principalement sur la période de 2018 à 2022.

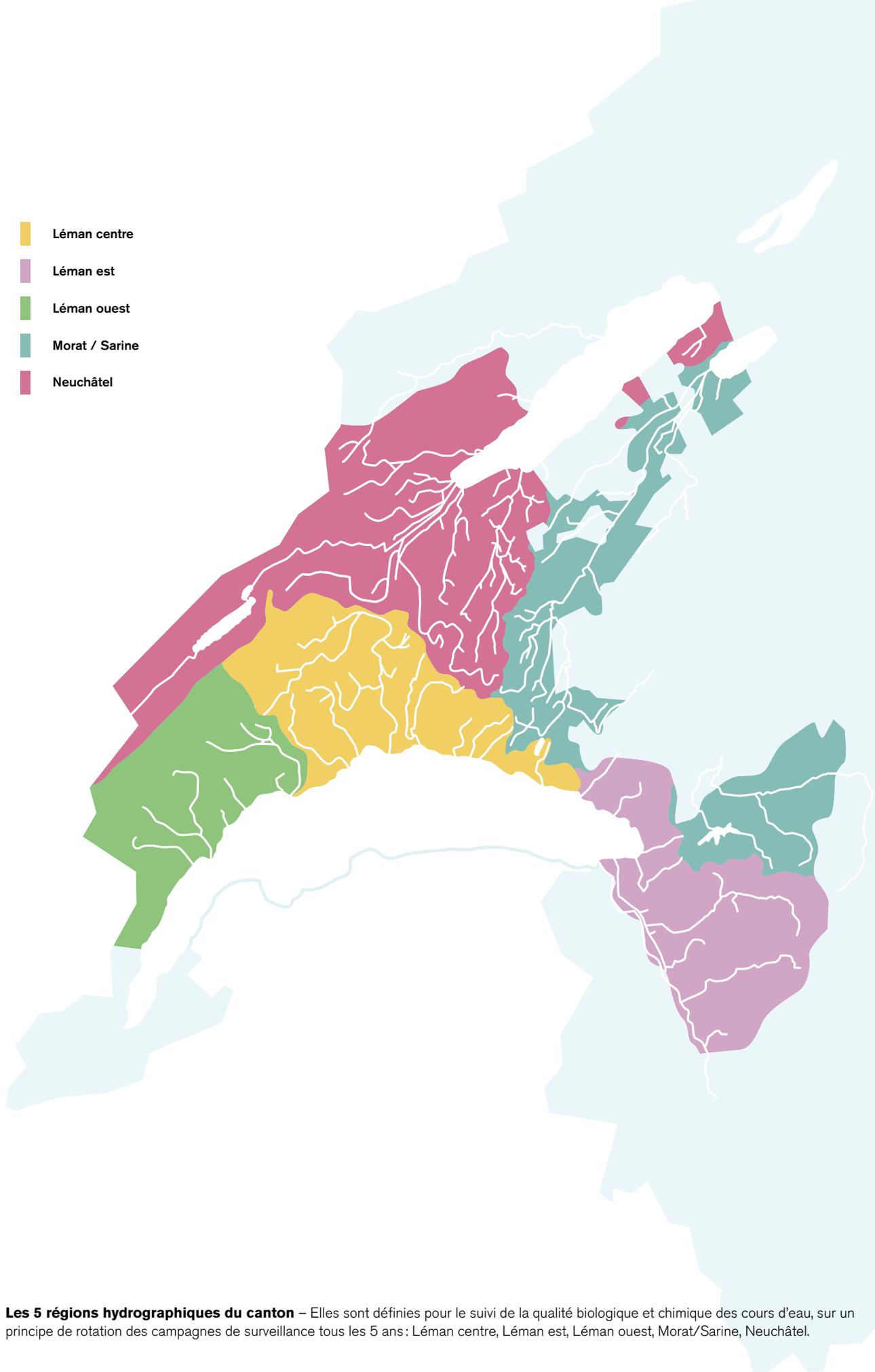
Figure Introduction 1 : La pyramide illustre les différentes étapes allant de l'évaluation de la qualité des eaux de surface jusqu'à l'ancrage politique dans le Plan sectoriel de protection de la qualité des eaux (PSEaux-P).

LES RIVIÈRES VAUDOISES

10



- Léman centre
- Léman est
- Léman ouest
- Morat / Sarine
- Neuchâtel



Les 5 régions hydrographiques du canton – Elles sont définies pour le suivi de la qualité biologique et chimique des cours d'eau, sur un principe de rotation des campagnes de surveillance tous les 5 ans: Léman centre, Léman est, Léman ouest, Morat/Sarine, Neuchâtel.

Contexte

Le canton de Vaud, d'une superficie de 3'212 km², est parcouru par un vaste réseau de cours d'eau long de près de 6'000 km, allant du petit ruisseau pouvant connaître des à secs en été à l'imposant Rhône qui traverse le Chablais.

Ce réseau parcourt une grande diversité de régions hydrogéographiques comprenant :

Le Jura : à l'ouest du canton, marqué par des reliefs escarpés et passablement boisés. Les rivières qui traversent cette zone, souvent sinueuses, façonnent des vallées profondes. Ces cours d'eau sont caractérisés par des eaux calcaires avec des hautes eaux en hiver, des basses eaux en été, influencées aussi par la fonte des neiges (régime nivo-pluvial jurassien).

Ces rivières réagissent aux fluctuations du terrain accidenté et à la géologie particulière (karst). Les rivières de la côte prennent, quant à elles, leur source au pied du Jura dans une région agricole et urbanisée et se jettent dans le Léman.

Le Plateau : le cœur du canton est traversé par un réseau de rivières plus calmes et régulières. La plupart prennent leur source dans les bois du Jorat. Elles alimentent trois grands lacs : Léman (bassin du Rhône) et les lacs de Neuchâtel et Morat (bassin du Rhin). Les eaux sont hautes en hiver et basses en été (régime majoritairement pluvial).

Ces cours d'eau sont en grande partie influencés par les activités humaines qui se développent tout au long de leur bassin versant. Ils contribuent à l'approvisionnement en eau, l'irrigation des terres et la préservation de la biodiversité locale.

Les Préalpes : l'est du canton comprend des rivières qui prennent naissance dans les Préalpes vaudoises ou valaisannes. Elles alimentent le Léman, ou font partie du bassin versant du Rhin. Avec souvent de fortes pentes (de 370 m à plus de 2000 m d'altitude), plusieurs de ces cours d'eau possèdent un caractère torrentiel.

Les eaux sont pour la plupart hautes au printemps, en lien avec la fonte des neiges. Les hautes eaux sont aussi observées à la fin de l'automne, liées aux précipitations, mais avec une amplitude moins marquée (régime nival de transition). Une grande partie des eaux est détournée vers des centrales hydroélectriques. Les Préalpes abritent également des lacs de montagne, contribuant à la richesse du réseau hydrographique vaudois.

Chacune des régions contribue à la singularité du canton de Vaud, offrant des écosystèmes diversifiés et des paysages pittoresques.

Parmi ces cours d'eau, 3'600 km sont à régime permanent et relativement naturel, tandis que le reste se compose de cours d'eau à régime discontinu, principalement présents dans les régions montagneuses, parfois réduits à de simples fossés rarement alimentés en eau.

Leur écomorphologie varie du cours d'eau naturel, bien préservé, à la cunette en béton, artificielle et totalement stérile. Les rivières ont en effet en partie été corrigées, limitant ainsi leurs fonctions naturelles. Cependant, grâce aux efforts de renaturation mis en place dès 2010, plusieurs tronçons ont été restaurés ou remis à ciel ouvert.

Surveillance et résultats

Assuré depuis les années 90, le suivi de la qualité des rivières est source d'une quantité importante de données qui permettent d'évaluer l'état de santé de nos rivières et son évolution, selon des critères biologiques mais aussi chimiques. Le laboratoire de la protection des eaux de la Direction générale de l'environnement (DGE-PRE) analyse régulièrement la qualité d'une sélection de cours d'eau.

Au fil des décennies passées, une amélioration partielle de la qualité des eaux de surface dans le canton a été constatée, principalement grâce aux efforts déployés dans le domaine de l'assainissement urbain.

Cela inclut la construction de stations d'épuration, la mise en place de systèmes d'évacuation des eaux, et la réduction des rejets polluants d'origine agricole et urbaine.

Cependant, le principal défi actuel réside dans la présence croissante de micropolluants dans les cours d'eau, résultant de la pression démographique et des activités humaines. De plus, les changements climatiques entraînent des modifications dans la température et le débit des cours d'eau.

Les prochains chapitres fourniront un aperçu des observations effectuées sur les cours d'eau vaudois entre 2018 et 2022, couvrant divers aspects tels que la qualité chimique et biologique, la présence de microplastiques, les fluctuations de température, ainsi que les projets de revitalisation.

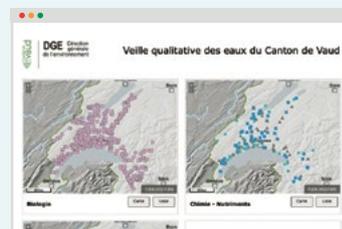
Surveillance de la qualité des rivières vaudoises

L'évaluation de la qualité des eaux repose sur le *Système modulaire gradué (SMG)*^[2] de la Confédération qui propose un ensemble de méthodes fiables et standardisées.

Des informations détaillées sur les cycles et les paramètres de mesure ainsi que sur les régions concernées figurent dans la *Stratégie de surveillance et de protection de la qualité des eaux superficielles du Canton*^[2].

Résultats à disposition

Les résultats des nombreuses analyses et mesures de qualité chimique et biologique des cours d'eau vaudois sont accessibles au public et peuvent être consultés sur le géoportail cantonal vhv-qualite.ch^[2].



Il suffit de cliquer sur un point de mesure d'une carte. Les informations disponibles s'affichent sur l'écran et peuvent être consultées dans le détail via le lien « page de la station ». Cette plateforme web détaille les relevés scientifiques effectués sur 204 sites répartis sur plus de 50 rivières.



NUTRIMENTS

Pollution aux nutriments : une problématique encore bien présente

Les cours d'eau et les lacs sont continuellement alimentés en nutriments, tels que les éléments azote, phosphore et carbone, tout au long de l'année.

Les sources anthropiques de nutriments, notamment les stations d'épuration (STEP) et les activités agricoles, entraînent souvent des concentrations supérieures aux niveaux naturels.

L'analyse des nutriments permet donc d'évaluer le degré de pollution des cours d'eau et des lacs, et dans certains bassins versants, d'identifier leur origine spécifique. Des exigences sont fixées dans l'ordonnance fédérale sur la protection des eaux (OEaux, RS 814.201) pour limiter l'impact sur les écosystèmes aquatiques.

La qualité des rivières est évaluée en fonction de sept paramètres chimiques : l'ammonium (NH_4), le nitrite (NO_2), le nitrate (NO_3), l'azote total brut (N_{tot}), le phosphore total brut (P_{tot}), l'orthophosphate (PO_4) et le carbone organique dissous (COD).

Les détails sur le réseau de surveillance du canton de Vaud ainsi que la méthodologie de surveillance sont présentés dans le rapport intitulé « Stratégie de surveillance et de protection de la qualité des eaux superficielles » (DIREV-PRE, 2019).

L'évaluation de la qualité physico-chimique est réalisée en utilisant la méthodologie du *Système modulaire gradué (SMG)*¹².

Toutes les évaluations annuelles de la qualité des nutriments effectuées dans le canton sont disponibles sur le site internet vhv-qualite.ch¹².

La surveillance de la qualité en nutriments entre 2018 et 2022 en quelques chiffres



54

rivières



88

sites



2'630

prélèvements



28'000

analyses



Sur le terrain, les inspecteurs de l'environnement utilisent une canne télescopique équipée d'un bécquet pour pouvoir prélever l'eau dans des endroits difficilement accessibles. L'échantillon est ensuite réparti dans des flacons différents (plastique ou verre) selon les analyses prévues, pour maintenir la représentativité et l'intégrité de chaque échantillon.

Forte présence des nutriments sur le plateau

De manière générale, les études menées révèlent que 70 % des évaluations annuelles répondent aux critères de qualité, se situant dans les catégories « bonne » ou « très bonne » (Figure 1). Parmi les 88 sites surveillés, ceux localisés dans les bassins hydrographiques du « Léman est » et de l'est du bassin « Morat/Sarine » présentent les meilleures qualités (Figure 2).

Parmi les 30 % des évaluations qui ne répondent pas à l'objectif, la principale cause réside souvent dans des concentrations de phosphore dépassant les normes. En effet, 54 % des évaluations pour le phosphore total et 45 % pour l'orthophosphate montrent des niveaux de qualité moyenne à mauvaise. Le phosphore, un nutriment essentiel à la croissance des plantes aquatiques, est largement reconnu comme la principale cause de l'eutrophisation des cours d'eau et des lacs. L'orthophosphate (PO_4), également appelé **phosphate**, constitue la forme la plus courante de phosphore dans l'eau et est la plus biodisponible, ce qui la rend facilement utilisable et absorbable par les organismes vivants dans l'eau. Bien qu'une petite quantité de phosphore provienne de l'érosion naturelle des roches et des sols, les concentrations excessives sont généralement associées aux rejets urbains et industriels de polyphosphates, présents notamment dans les eaux usées, ainsi qu'au lessivage des engrais agricoles.

Parmi les composés azotés, les **nitrites** posent le plus de problèmes, avec 25 % des évaluations ne répondant pas aux normes de qualité. Ils sont suivis par les nitrates, puis l'ammonium, avec respectivement 20 % et 14 % des évaluations en dessous des objectifs. Les concentrations naturelles de nitrites (NO_2) dans les eaux de surface sont généralement très faibles. Leur présence indique donc une contamination, soit d'origine industrielle (comme les traitements de surface, la chimie, les colorants, etc.), soit due à un traitement incomplet de l'azote dans les stations d'épuration.

Les **nitrates** (NO_3) sont présents naturellement dans les eaux à des concentrations faibles. Les pollutions par les nitrates proviennent principalement du lessivage des engrais utilisés dans l'agriculture et des rejets des eaux usées urbaines. De plus, les nitrates sont utilisés comme agent de conservation des aliments et comme matière première dans divers procédés industriels.

Une concentration élevée **d'ammonium** (NH_4) signale une pollution issue de sources humaines, animales ou industrielles, comme les industries chimiques ou textiles, ou les engrais azotés. L'ammonium provient en grande partie des eaux usées si elles n'ont pas été traitées en station d'épuration, pour être transformées en nitrates.

À des concentrations élevées, l'ammonium peut être toxique pour la faune aquatique, y compris les macroinvertébrés et les poissons, avec des effets variables selon la concentration et la durée d'exposition (Person-le Ruyet & Boeuf, 1998). De plus, l'ammonium s'oxyde lentement en nitrates dans la rivière grâce à l'action de bactéries nitrifiantes, ce qui peut indirectement entraîner une diminution de l'oxygène dissous dans l'eau.

Environ 37 % des évaluations concernant le **carbone organique dissous** dépassent la limite fixée à 4 mg C/L. Ces niveaux élevés indiquent la présence de matières organiques, soit d'origine naturelle, comme c'est le cas dans les deux stations de l'Orbe supérieure en raison de la présence de tourbières en amont, soit d'origine anthropique, causée par des rejets de polluants ou l'érosion des sols agricoles. La prolifération des plantes aquatiques (eutrophisation) contribue également à l'enrichissement des eaux en matières organiques. La décomposition de ces matières consomme de l'oxygène, perturbant ainsi l'écosystème aquatique. Pour remédier à cette situation, il est nécessaire de contrôler les apports en matières organiques et de lutter contre l'érosion des sols.

Le saviez-vous ?



Le nitrate et le phosphate sont considérés comme des macropolluants. Ce terme désigne les éléments présents dans l'environnement aquatique qui peuvent avoir des effets néfastes sur la vie à des concentrations élevées (de l'ordre du mg/L ou du g/L).

Les macropolluants peuvent être naturellement présents dans l'eau et bénéfiques pour la vie à certaines concentrations, comme c'est le cas pour les éléments azotés et phosphorés.

Le phosphore, par exemple, est essentiel pour la croissance des plantes à l'état naturel ; à des concentrations faibles, il favorise le développement des plantes aquatiques.

Cependant, les activités humaines augmentent ces concentrations, perturbant ainsi l'équilibre naturel.

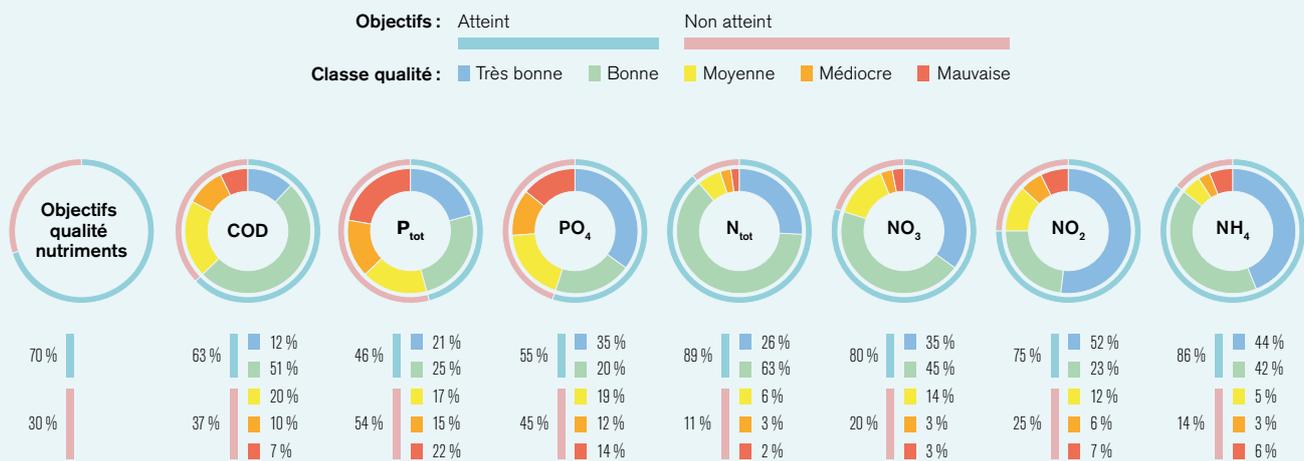


Figure Nutriments 1 : Répartition des classes de qualité des analyses effectuées entre 2018 et 2022.

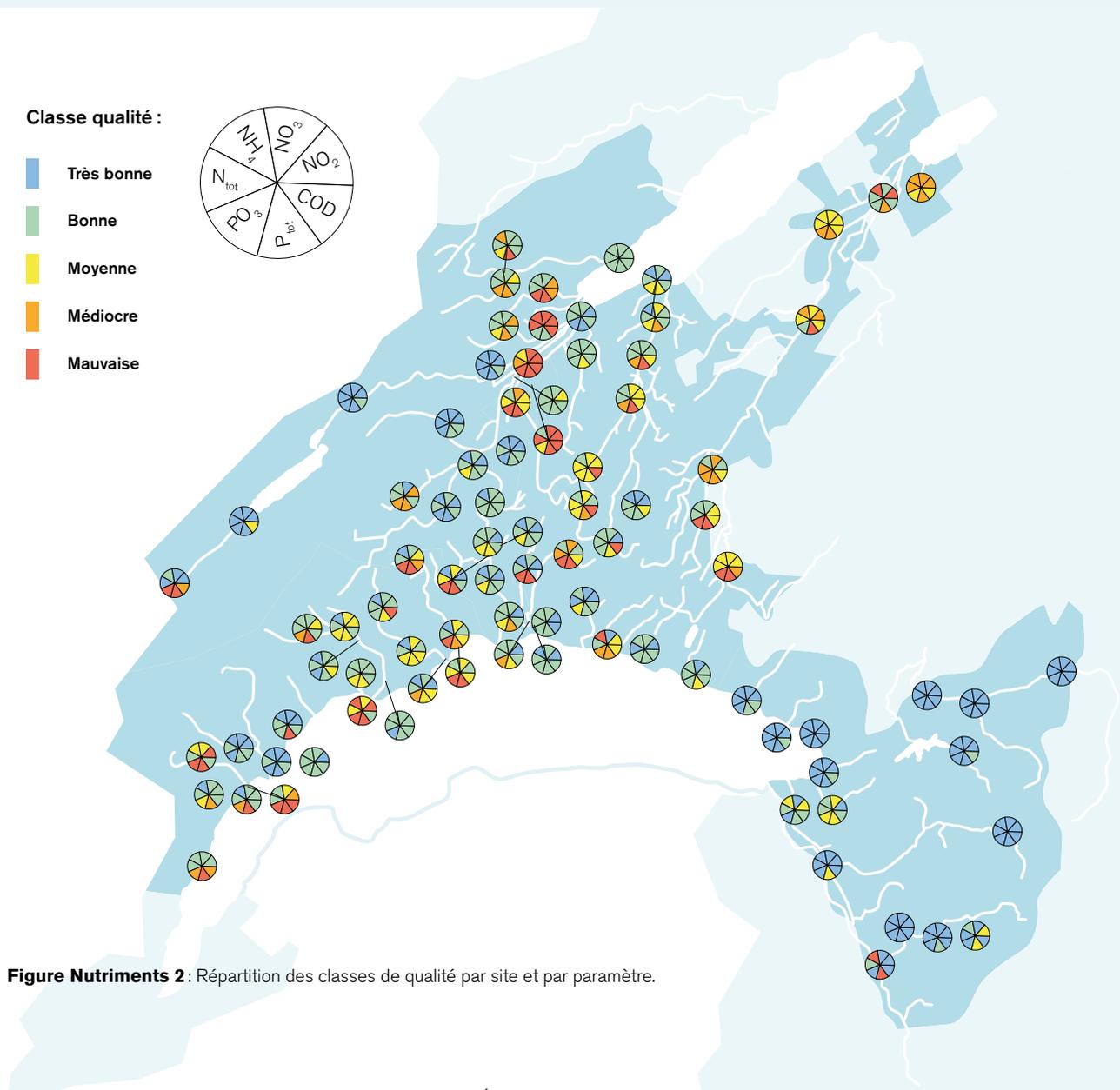


Figure Nutriments 2 : Répartition des classes de qualité par site et par paramètre.

L'eutrophisation est un phénomène caractérisé par une prolifération d'algues privant le milieu aquatique d'oxygène.

Paramètres d'eutrophisation anthropique : phosphate et nitrate

Un excès de nitrate et de phosphate dans les eaux naturelles entraîne l'eutrophisation, un phénomène caractérisé par une prolifération d'algues qui provoque une détérioration de l'environnement en privant le milieu aquatique d'oxygène. Les critères de qualité environnementale (CQE) à ne pas dépasser dans les eaux de surface sont de 0,04 mgP/L pour l'orthophosphate et de 5,6 mgN/L pour les nitrates, selon le SMG (Paul Liechti, 2010). Un indice de pollution a été développé pour classer le niveau de pollution des stations surveillées en fonction du risque d'eutrophisation, en prenant en compte la pollution cumulée de phosphate et de nitrate sur un même site.

La Figure 3 illustre cet indice de pollution eutrophique, où un cercle plus grand sur la carte indique un indice de pollution plus élevé. Les zones colorées indiquent la contribution respective du nitrate et du phosphate à cette pollution.

Dans les bassins hydrographiques du **Léman**, trois stations dans la région Léman ouest et quatre stations dans la région centrale sont considérablement polluées. Pour ces sept stations, le phosphore est principalement responsable de la pollution.

Dans le bassin hydrographique du **lac de Neuchâtel**, parmi les cinq stations les plus problématiques, la prédominance du phosphate varie selon les sites.

Dans le bassin hydrographique de **Morat/Sarine**, un seul site présente un indice de pollution élevé, étant le deuxième site le plus affecté du canton, principalement en raison de la pollution due aux phosphates.

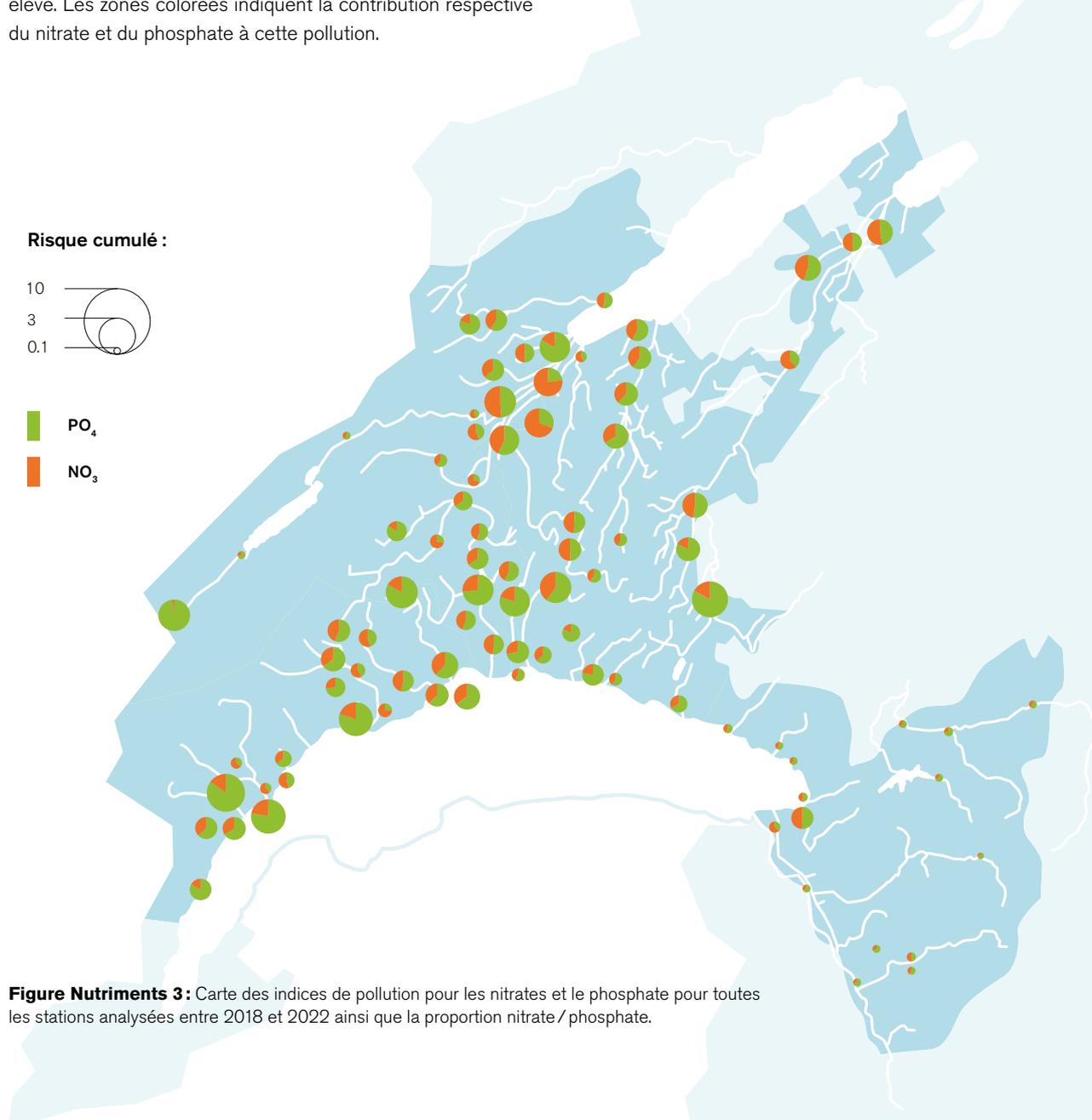


Figure Nutriments 3 : Carte des indices de pollution pour les nitrates et le phosphate pour toutes les stations analysées entre 2018 et 2022 ainsi que la proportion nitrate/ phosphate.

Risque pour les poissons : évaluation de la pollution à l'ammonium et au nitrite

Les nitrites représentent une menace significative pour les poissons, en particulier pour les salmonidés. En passant à travers leurs branchies et dans leur sang, ces composés perturbent sévèrement l'absorption de l'oxygène, ce qui peut avoir des conséquences graves. Par ailleurs, l'ammonium se convertit en ammoniaque, une substance toxique pour les œufs et les alevins de poissons (Person-le Ruyet & Boeuf, 1998).

Le saviez-vous ?



Le pH (potentiel hydrogène) mesure le degré d'acidité ou de basicité d'une solution, sur une échelle allant de 0 (très acide) à 14 (très basique).

Entre 2018 et 2022, le pH moyen des rivières vaudoises s'est établi à 8,25, légèrement basique.

C'est le pH qui garantit l'équilibre nécessaire à la vie de la flore et de la faune aquatique. Un pH trop bas peut compromettre l'éclosion des œufs de poisson et rendre la vie difficile pour les poissons et les macroinvertébrés.

Les critères de qualité environnementale (CQE) à respecter dans les eaux de surface dépendent de la température et du pH pour l'ammonium, tandis que pour les nitrites, ils sont liés à la concentration en chlorure. Pour évaluer l'indice de pollution, les contributions individuelles des deux composés sont cumulées, tout comme pour les nitrates et les phosphates.

La Figure 4 représente l'indice de pollution pour les poissons, où un cercle plus grand sur la carte indique une pollution plus élevée. Les zones colorées indiquent la contribution respective de l'ammonium et des nitrites à cette pollution.

Dans les bassins hydrographiques du **Léman**, trois stations sont fortement impactées par la présence d'ammonium, qui est l'élément le plus préoccupant. Parmi celles-ci, l'une des stations est classée comme la plus problématique du canton.

Dans le bassin hydrographique du **lac de Neuchâtel**, trois stations sont fortement affectées, dont deux présentent une pollution principalement due aux nitrites, tandis que pour la troisième, la pollution est causée par les deux paramètres.

En ce qui concerne le bassin hydrographique **Morat/Sarine**, quatre stations montrent une pollution significative, partagée entre l'ammonium et les nitrites.



Après réception des échantillons numérotés de façon unique pour assurer la traçabilité, ceux-ci sont préparés et filtrés pour des analyses effectuées sur plusieurs instruments (ici : analyseur du carbone et chromatographie ionique pour le chlorure).

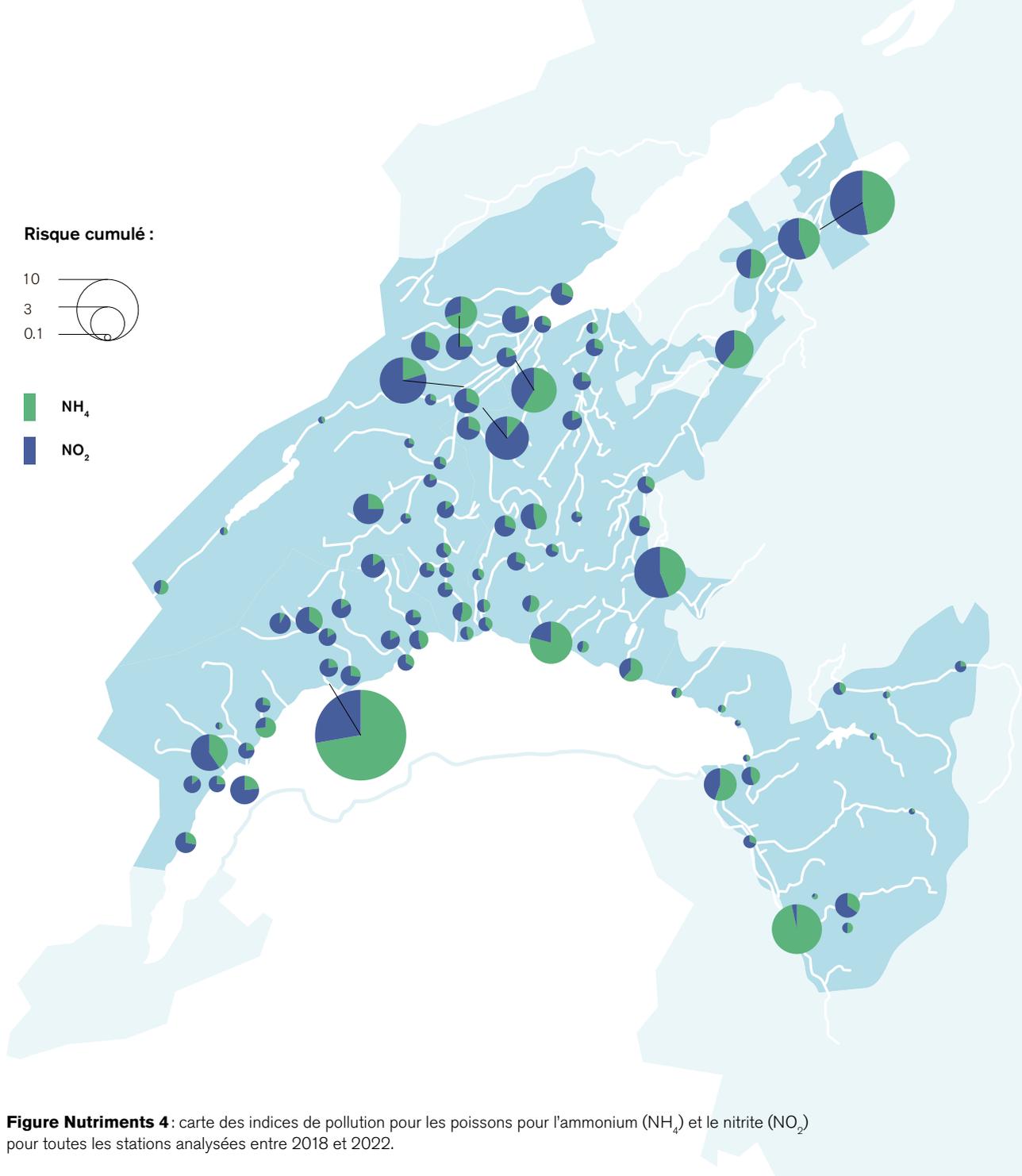


Figure Nutriments 4 : carte des indices de pollution pour les poissons pour l'ammonium (NH₄) et le nitrite (NO₂) pour toutes les stations analysées entre 2018 et 2022.

Références

Person-le Ruyet J. & Boeuf G., 1998. *L'azote ammoniacal, un toxique potentiel en élevage de poissons: le cas du turbot.* Bull. Fr. Pêche Piscicole (350-351).

DIREV-PRE. 2019. *Stratégie de surveillance et de protection de la qualité des eaux superficielles.*^[2]

Paul Liechti. 2010. *Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau : Analyses physico-chimiques, nutriments.* OFEV.^[2]

MICROPOLLUANTS

Les micropolluants organiques dans les rivières : un risque pour la biodiversité

La législation fédérale charge les cantons de garantir la protection de la population et des biens contre les atteintes causées par les activités humaines. Parmi leurs responsabilités, les cantons doivent assurer une surveillance rigoureuse de la qualité de l'eau sur leur territoire.

La détection et la mesure des polluants présents en traces, appelés micropolluants, dans l'environnement, représentent un défi analytique nécessitant des instruments hautement performants et des compétences spécialisées pour les utiliser efficacement.

Les micropolluants organiques présentés ici se déclinent en deux catégories :

1. Les **micropolluants organiques d'origine urbaine** (cosmétiques, résidus médicamenteux, produits agroalimentaires, produits industriels, etc.).
2. Les produits phytosanitaires, **micropolluants organiques, d'origine agricole ou domestique** (herbicides, fongicides, insecticides).

Le saviez-vous ?



Un micropolluant est une substance chimique qui, même à de très faibles concentrations (mesurées en $\mu\text{g/L}$, ng/L voire pg/L), pose des problèmes pour la biodiversité en raison de sa toxicité, de sa persistance (non biodégradable) et/ou de sa bioaccumulation (accumulation dans les organismes vivants).

Bien qu'il soit invisible à l'œil nu (comparable à la présence d'un morceau de sucre dans une piscine olympique à une concentration de $\mu\text{g/L}$), il reste néanmoins préoccupant.

Toutes les évaluations de la qualité des cours d'eau vaudois en micropolluants sont regroupées sur le site internet vhv-qualite.ch¹².

La surveillance de la qualité en micropolluants entre 2018 et 2022
en quelques chiffres



23

rivières



32

sites



1'400

prélèvements



119'000

analyses



Pour relever les défis de la protection des eaux et obtenir une image précise de la qualité de l'eau dans le canton, celui-ci a adapté son *réseau de surveillance des micropolluants*^[2].

Ce réseau se structure selon deux approches et objectifs distincts.

Réseau de surveillance des micropolluants des eaux usées ●

Depuis 2012, quatre fois par année, des prélèvements instantanés d'échantillons sont effectués dans les cours d'eau récepteurs d'eaux usées provenant de STEP (Figure 1).

Ce réseau permet principalement d'obtenir un état de la présence des **micropolluants d'origine urbaine** dans les cours d'eau avant la mise en place des mesures de traitement dans les STEP selon le *Plan cantonal de traitement des micropolluants*^[2]. Ce réseau permet ainsi d'évaluer l'impact de ces mesures dans les rivières.

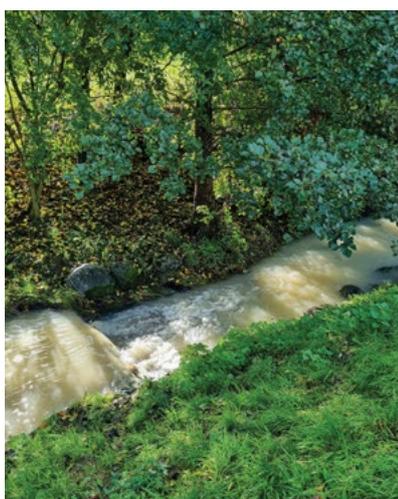
Cette méthodologie implique l'analyse d'une quarantaine de substances provenant des eaux usées (telles que des analgésiques, des anticorrosifs, des édulcorants, des antibiotiques, des antidépresseurs, etc.) sur des échantillons instantanés prélevés au moins quatre fois par an, à travers les quatre saisons, dans 27 stations réparties sur 18 cours d'eau du canton.

Réseau de surveillance des micropolluants selon l'OEaux ●

Afin d'avoir un aperçu de la pollution des cours d'eau par les **produits phytosanitaires**, des analyses de micropolluants organiques d'usage agricole et domestique sont effectuées sur plusieurs stations cantonales et fédérales (Figure 2). Depuis 2017, la Confédération a en effet mis en place, en collaboration avec les cantons, un réseau d'observation suisse de la qualité des eaux pour la pollution par les micropolluants dans les rivières. Depuis 2019, ce réseau est utilisé pour suivre l'efficacité du plan d'action Suisse de réduction des produits phytosanitaires. Il intègre **principalement des substances issues de produits phytosanitaires et quelques substances des eaux usées**. Il comprend 10 stations, dont 5 font partie du réseau fédéral de surveillance de la qualité des eaux superficielles (NAWA) établi par l'OFEV (Figure 1).

La méthodologie de prélèvement permet de répondre aux nouvelles exigences de l'ordonnance fédérale sur la protection des eaux (OEaux, RS 814.201). L'évaluation de la pollution chronique (persistante dans le temps) et de son impact est réalisée sur des échantillons prélevés tout au long de l'année, ou de mars à octobre (période de traitement agricole), selon la station.

Les **échantillons sont des échantillons composites continus sur 14 jours**. L'évaluation de la pollution aiguë (forte concentration mais brève dans le temps) et de son impact est réalisée sur 3 des 10 stations à l'aide **d'échantillons composites continus de 3,5 jours** prélevés d'avril à juillet.



Le prélèvement des échantillons pour la détermination des micropolluants nécessite des armoires de prélèvement réfrigérées qui gèrent des prises d'aliqots d'eau de la rivière régulièrement pendant 14 jours. Ceci nécessite donc des flacons en verre de grande capacité.

● Réseau de surveillance des micropolluants des eaux usées
Prélèvements instantanés 4x/an pour suivre les micropolluants d'origine urbaine (eaux usées)

● Réseau de surveillance des micropolluants selon l'OEau
Stations fixes avec des prélèvements composites continues sur 14 jours, permettant de suivre principalement des substances issues de produits phytosanitaires et quelques substances des eaux usées

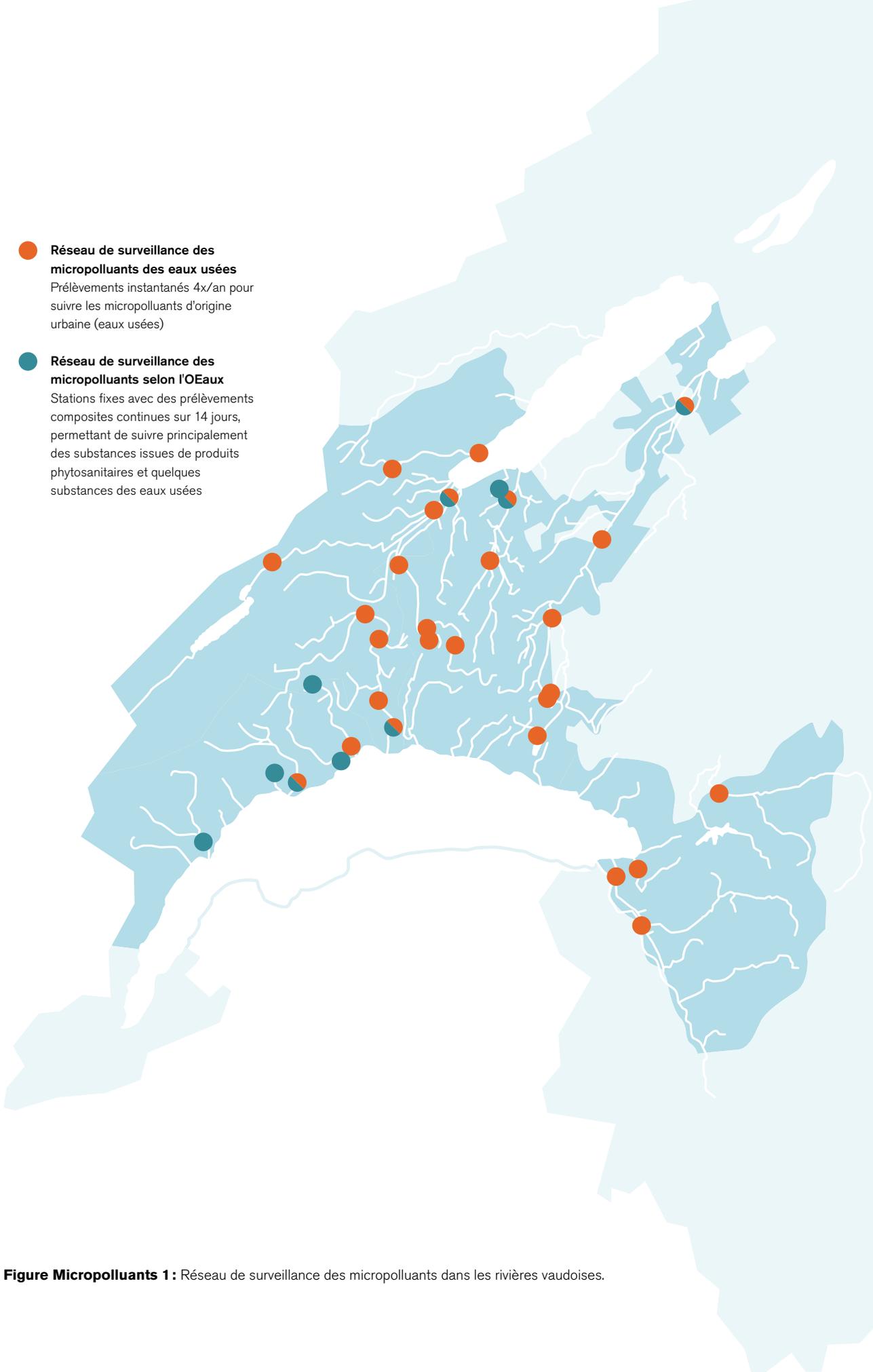


Figure Micropolluants 1 : Réseau de surveillance des micropolluants dans les rivières vaudoises.

Quels critères pour définir la pollution des rivières par les micropolluants ?

Cadre légal de l'ordonnance sur la protection des eaux (OEaux)

L'annexe 2 de l'OEaux fixe les exigences chiffrées pour les concentrations de trois médicaments et 19 pesticides organiques (produits biocides et produits phytosanitaires) dans les cours d'eau et étendues d'eau. Chaque substance est en principe associée à une valeur d'exigence spécifique pour une **pollution chronique** et une pollution aiguë. La norme de 100 ng/L est appliquée pour les pesticides n'ayant pas de limites spécifiques.

Les résultats découlant de l'application de l'OEaux sont caractérisés par deux catégories : **objectifs « atteint »** (code bleu) ou **« non atteint »** (code rouge). Un site est jugé non conforme si une limite n'a pas été respectée dans au moins un échantillon au cours de l'année.

Risque écotoxicologique

La qualité de l'eau peut également être évaluée en comparant les concentrations mesurées dans les eaux avec des critères de qualité mis en place par le *centre ECOTOX*¹². Ceux-ci sont déterminés sur la base d'études d'écotoxicité et selon la méthodologie de l'Union européenne pour la détermination des normes de qualité environnementale. L'évaluation de la pollution est alors effectuée au niveau de chaque échantillon, en comparant la concentration individuelle de chaque substance avec le **critère de qualité environnementale aiguë (CQEa) ou chronique (CQEc)**.

Les critères de qualité environnementaux (CQE) sont des concentrations dans les eaux, propres à chaque substance chimique, en dessous desquelles aucun effet nocif sur les organismes aquatiques n'est attendu. Ces concentrations sont fonction, entre autres, de la substance et de la durée d'exposition. Cette méthode permet notamment de prendre en compte des substances qui ne sont pas intégrées dans l'Annexe 2 de l'OEaux.

Particularité des micropolluants : pour certaines substances (fenpropimorphe, nicosulfuron...) les CQE sont tellement bas que la méthodologie utilisée pour leur analyse ne permet pas toujours d'obtenir une limite de quantification assurant l'évaluation du risque écotoxicologique les concernant.

L'évaluation du risque se fait sur toutes les valeurs mesurées pendant une année dans les stations du réseau de surveillance des micropolluants selon l'OEaux. Le **quotient de risque** dans chaque échantillon est déterminé pour chaque substance par le ratio entre la concentration de la substance obtenue dans l'échantillon et le critère de qualité environnementale chronique ou aiguë. Le ratio entre ces deux valeurs, donne le quotient de risque individuel de la substance (QRi). Si la concentration mesurée est supérieure à ce critère, un risque existe pour la faune et la flore aquatique. Les classes de risque « Très faible » et « Faible » correspondent à l'évaluation « Exigence satisfaite » de l'OEaux tandis que les classes de risque « Modéré » à « Très élevé » correspondent à l'évaluation « Exigence non satisfaite » de l'OEaux.

Le centre ECOTOX a par ailleurs déterminé des **classes taxonomiques (Producteurs primaires – plantes (P), Invertébrés (I), Vertébrés (V))** impactées par la présence de certains micropolluants organiques dans les eaux. Ceci permet de déterminer le risque pour chaque catégorie taxonomique engendré par le mélange de ces substances dans l'échantillon. Pour ceci, les quotients de risque des substances (QRi) présentant un risque pour la même classe taxonomique sont additionnés. Enfin, afin de savoir qu'elle catégorie de substances est la plus problématique dans le cours d'eau, la même démarche est effectuée en additionnant les risques au sein de la même catégorie de substances (herbicides, insecticides, fongicides, médicaments, autres). La couleur indique le niveau de risque que représente le mélange des substances selon le tableau ci-contre pour chaque catégorie taxonomique et selon le type de substances.

Indice de pollution

Un **indice de pollution**, basé sur les données des concentrations et des risques que les substances représentent pour la faune et la flore aquatique, peut également être déterminé pour chaque échantillon du réseau de surveillance des micropolluants des eaux usées. Le risque est calculé en comparant les concentrations environnementales individuelles obtenues dans les échantillons avec les critères de qualité environnementale chronique (CQEc). La concentration cumulée moyennée ainsi que le risque cumulé moyen permettent de définir 4 catégories de pollution.

Résultats selon l'OEaux

Une pollution chronique qui reflète l'activité humaine dans le bassin versant

Le Tableau 1 présente l'état de la qualité de l'eau dans les 10 stations de surveillance du canton, conformément à l'Annexe 2 de l'OEaux.

Au cours de la période 2018–2022, quatre rivières (l'Aubonne, le Boiron de Morges, la Broye et la Venoge) ne respectent pas les exigences en ce qui concerne les **médicaments**.

En ce qui concerne les **pesticides** ayant des limites spécifiques, seul le site sur l'Aubonne n'a enregistré aucun dépassement au cours des 5 dernières années. Cependant, pour les autres pesticides, tous les sites ont dépassé la limite de 100 ng/L.

Le saviez-vous ?



La pollution par les micropolluants reste invisible à l'œil nu. Une pollution chronique se caractérise par un déversement continu ou répété de micropolluants dans les eaux, créant ainsi une altération persistante de l'environnement aquatique.

La présence constante de ces micropolluants dans le temps représente un risque pour la santé de l'écosystème aquatique.

Rivières	Sites	Médicaments					Pesticides limites spécifiques					Pesticides 100 ng/L				
		2018	2019	2020	2021	2022	2018	2019	2020	2021	2022	2018	2019	2020	2021	2022
Aubonne	Allaman Le Coulet	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Boiron de Morges	Lac Tolochenaz	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Broye	Domdidier	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Combagnou	Pampigny Le Selier	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Eau Noire de Perroy	Le Martheray	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Menthue	La Mauguettaz	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Promenthouse	Le Rancho	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Ruisseau de Gi	La Mauguettaz	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Thièle	Yverdon Curtil-Maillet	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Venoge	Ecublens Les Bois	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

■ Aucun dépassement ■ Dépassement ■ Aucune donnée

Tableau Micropolluants 1 : Qualité obtenue entre 2018 et 2022 selon l'Annexe 2 de l'OEaux (pollution chronique).

Résultats selon le risque écotoxicologique

La présence d'un cocktail de micropolluants dans les eaux, un risque pour les organismes

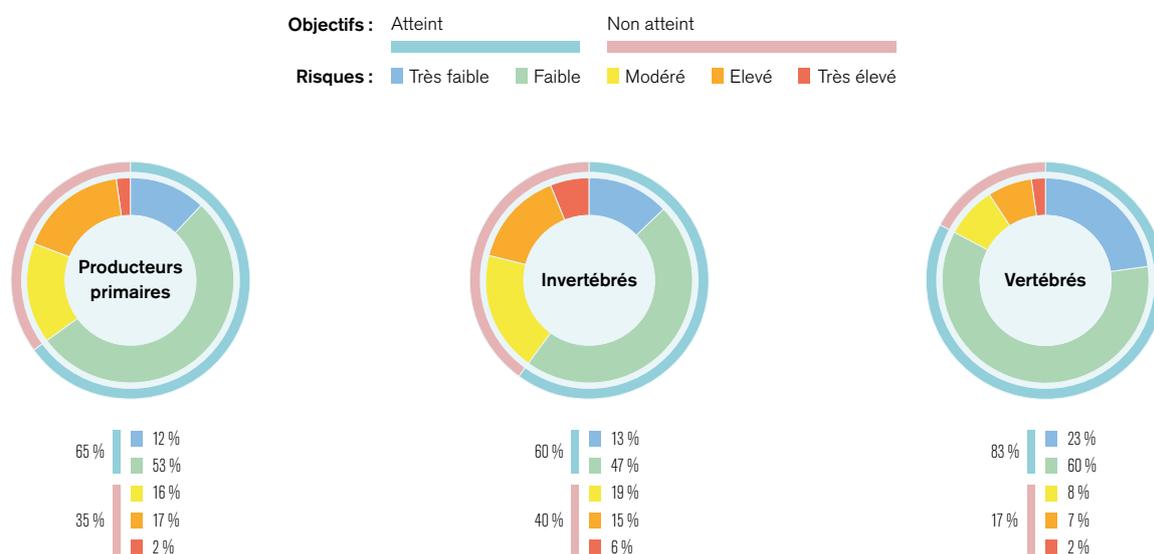
La Figure 2 donne une vision des risques qu'engendre le mélange des substances pour la faune et la flore aquatiques. Elle met en évidence des risques élevés à très élevés pour toutes les catégories d'organismes sur l'ensemble des sites.

Ainsi 36% des échantillons analysés entre 2018 et 2022 ont une qualité en micropolluants organiques induisant un risque modéré à très élevé pour les **producteurs primaires**, 40% pour les **invertébrés** et 17% pour les **vertébrés**.

Le saviez-vous ?



Des substances qui se retrouvent dans l'environnement peuvent, une fois mélangées avec d'autres substances, devenir potentiellement plus nocives pour la faune et/ou la flore aquatique que si elles les retrouvaient séparément dans le milieu aquatique. On appelle cela « l'Effet cocktail ».



Rivières	Stations	Médiane des risques annuels		
		Producteurs primaires	Invertébrés	Vertébrés
Aubonne	Allaman Le Coulet	Modéré	Modéré	Modéré
Boiron de Morges	Lac Tolochenaz ^(a)	Elevé	Très élevé	Modéré
Broye	Domdidier	Elevé	Elevé	Modéré
Combagnou	Pampigny Le Selier ^(a)	Elevé	Très élevé	Faible
Eau Noire de Perroy	Le Martheray	Très élevé	Très élevé	Elevé
Menthue	La Mauguettaz	Très élevé	Elevé	Modéré
Promenthouse	Le Rancho	Elevé	Faible	Faible
Ruisseau de Gi	La Mauguettaz ^(a)	Elevé	Très élevé	Faible
Thièle	Yverdon Curtil-Maillet	Elevé	Faible	Faible
Venoge	Ecublens Les Bois ^(a)	Très élevé	Très élevé	Très élevé

^(a) Sites avec des analyses spécifiques pour les insecticides

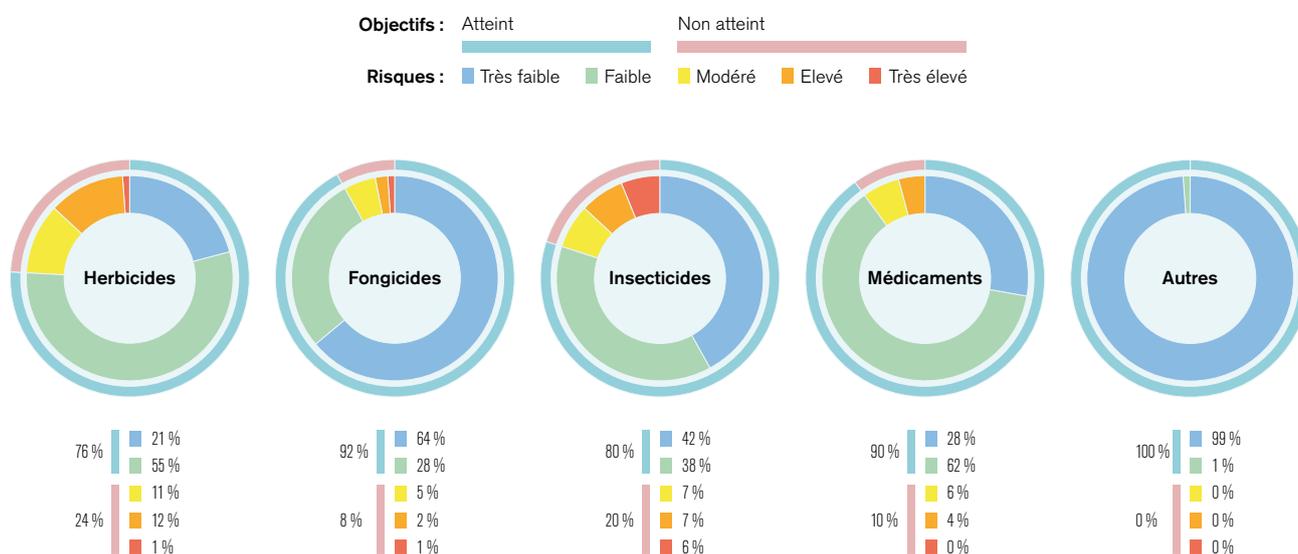
Figure Micropolluants 2 : Répartition des classes de risque selon les trois catégories cibles : producteurs primaires, invertébrés et vertébrés.

Selon leur utilisation dans le bassin versant, plusieurs micropolluants sont à l'origine des risques pour la biodiversité

Afin de connaître la catégorie de substances la plus problématique dans le cours d'eau, les risques peuvent être additionnés selon les catégories ; herbicides (33 substances), fongicides (13 substances), insecticides (17 substances), médicaments (17 substances) et autres (3 substances).

L'origine des risques (Figure 3) dépend du bassin versant et des conditions climatiques, et varie donc d'une année à l'autre. Dans 24 % des échantillons le mélange des **herbicides** induit des risques modérés à très élevés pour la faune et la flore aquatique, 20% pour les **insecticides** avec 6% des risques très élevés.

La présence de **médicaments** induit un risque pour la faune sur 10% des échantillons, dont 4 rivières présentant des bassins versants fortement impactés par des apports d'eaux usées. Les **fongicides** impactent fortement la qualité de l'Eau Noire de Perroy. Les **herbicides** induisent des risques modérés à élevés au niveau de tous les sites exceptés celui sur l'Aubonne tandis que les insecticides induisent des risques élevés à très élevés sur 6 sites. Ces 6 sites ont une surveillance particulière au niveau des insecticides de type pyréthrinoides. Pratiquement toutes les catégories de substances sont impliquées dans les risques sur les 3 types d'organismes (primaires, invertébrés et vertébrés).



Rivières	Stations	Médiane des risques annuels				
		Herbicides	Fongicides	Insecticides	Médicaments	Autres
Aubonne	Allaman Le Coulet	Très faible	Très faible	Très faible	Modéré	Très faible
Boiron de Morges	Lac Tolochenaz ^(a)	Elevé	Faible	Très élevé	Modéré	Très faible
Broye	Domdidier	Elevé	Faible	Modéré	Modéré	Très faible
Combagnou	Pampigny Le Selier ^(a)	Elevé	Faible	Très élevé	Faible	Très faible
Eau Noire de Perroy	Le Martheray ^(a)	Très élevé	Très élevé	Très élevé	Faible	Très faible
Menthue	La Mauguettaz	Elevé	Modéré	Modéré	Faible	Très faible
Promenthouse	Le Rancho	Elevé	Faible	Faible	Faible	Très faible
Ruisseau de Gi	La Mauguettaz ^(a)	Elevé	Faible	Très élevé	Faible	Très faible
Thièle	Yverdon Curtil-Maillet	Modéré	Faible	Faible	Faible	Très faible
Venoge	Ecublens Les Bois ^(a)	Elevé	Faible	Modéré	Très élevé	Faible

^(a) Sites avec des analyses spécifiques pour les insecticides

Figure Micropolluants 3 : Origine des risques.

Quelles substances dépassent les normes ?

L'impact des micropolluants organiques est encore plus important lorsque leurs concentrations dépassent plusieurs exigences (légales et toxicologiques – Tableau 2).

En ce qui concerne les **fongicides**, 9 substances dépassent les normes établies par l'OEaux, avec quatre d'entre elles dépassant les critères de qualité environnementale (CQE).

Le cyprodinil, un fongicide utilisé dans les cultures fruitières, légumières, viticoles ainsi que sur les gazons d'ornement et de sport, est la substance la plus problématique, qu'elle soit utilisée à des fins professionnelles ou non. Ensuite, on retrouve l'azoxystrobine, le fenpropimorphe et la spiroxamine.

Parmi les 17 **insecticides** analysés, 10 ont dépassé les normes établies par l'OEaux, avec 13 d'entre eux dépassant également les critères de qualité environnementale (CQE), dont 10 présentent des dépassements très significatifs, avec des risques élevés à très élevés. Certains de ces insecticides sont interdits depuis quelques années pour un usage phytosanitaire, comme le diazinon et la perméthrine, tandis que d'autres ont été plus récemment interdits, tels que le chlorpyrifos, le chlorpyrifos-méthyl et le thiaclopride.

Leur présence dans les eaux peut s'expliquer par d'autres utilisations dans le bassin versant. En effet, l'homologation de ces substances dépend de diverses bases légales, notamment l'ordonnance sur les produits phytosanitaires, l'ordonnance sur les produits biocides et Swissmédic pour les médicaments. Par exemple, la perméthrine est homologuée comme médicament

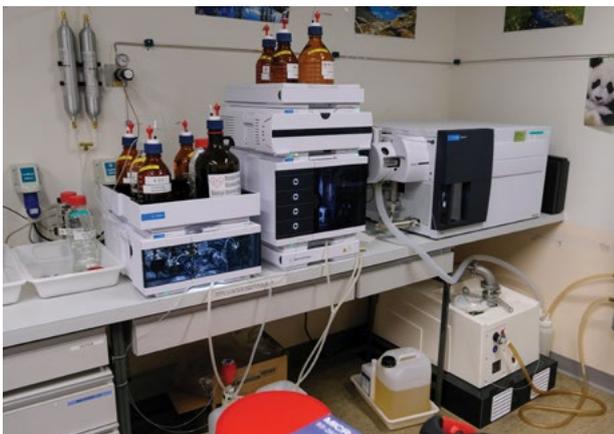
vétérinaire (antiparasitaire) et biocide, le diazinon comme médicament vétérinaire (antiparasitaire), tandis que la lambda-cyhalothrine est homologuée à la fois comme produit phytosanitaire et biocide.

En ce qui concerne les 33 **herbicides** évalués, nous constatons que 21 substances ont dépassé les normes établies par l'OEaux.

Parmi celles-ci, 6 ont enregistré des dépassements au cours des cinq années (bentazone, glyphosate, mécoprop-p, métamitron, métazachlore et nicosulfuron), avec des risques élevés à très élevés pour la faune et la flore aquatiques associés à 9 substances. Certains de ces herbicides présentent des dépassements des CQE sur plusieurs années consécutives.

L'évaluation de la qualité des eaux pour une pollution continue démontre que tous les cours d'eau suivis sont affectés par une pollution chronique, entraînant des risques élevés pour la biodiversité.

Elle met également en évidence l'implication de différents types de substances à usages variés dans cette problématique.



L'analyse des micropolluants nécessite des instruments de haute technologie garantissant la sensibilité et la spécificité de cette analyse. Ici, des échantillons spécialement préparés dans des petits flacons vont être injectés dans une chromatographie liquide couplée à une spectrométrie de masse pour l'analyse des pesticides.

Catégories	Substances	PPH	Risque toxicologique observé					Evaluation selon l'OEaux							
			COE [ng/L]	Effect	2018	2019	2020	2021	2022	NQE [ng/L]	2018	2019	2020	2021	2022
Médicaments	Ibuprofène	–	11	PIV											
	Diclofénac	–	50	IV						50					
Fongicides	Azoxystrobine	oui	200	PI						200					
	Boscalide	oui	12 000	PV						100					
	Cyprodinil	oui	330	I						330					
	Iprovalicarbe	oui	190 000	PIV						100					
	Fenpropimorphe	2020	16	V						100					
	Métalaxyl-M	oui	20 000	PIV						100					
	Propamocarbe	oui	1 000 000	PIV						100					
	Spiroxamine	oui	63	PV						100					
	Tébuconazole	oui	240	PIV						100					
	Trifloxystrobine	oui	270	PIV						100					
	Herbicides	2,4-D	oui	600	P						100				
Bentazone		oui	270 000	PV						100					
Chlortoluron		oui	600	P						100					
Diflufenican		oui	10	P						100					
Diméthachlore		oui	120	P						100					
Diméthanamide-P		oui	260	P						100					
Diuron		2021	70	P						70					
Ethofumesate		oui	3 100	PI						100					
Flufénacet		oui	48	P						100					
Foramsulfuron		oui	17	P						100					
Glyphosate		oui	120 000	PIV						100					
Linuron		2019	260	PV						100					
MCPA		oui	660	P						660					
Mécoprop-p		oui	800	P						100					
Mésotrione		oui	–	–						100					
Métamitron		oui	4 000	P						100					
Métazachlore		oui	20	P						20					
S-Métolachlore		oui	690	PV						690					
Métribuzine		oui	58	P						58					
Napropamide		oui	5 100	P						100					
Nicosulfuron		oui	8.7	P						8.7					
Pendiméthaline		oui	300	PIV						100					
Propyzamide		oui	63	P						100					
Terbuthylazine		oui	220	PI						220					
Insecticides		Chlorpyrifos	2021	0.46	I						0.46				
		Chlorpyrifos-méthyl	2021	1	I						100				
		Cyperméthrine	oui	0.03	I						0.03				
	DEET	–	88 000	PIV						100					
	Déltaméthrine	oui	0.0017	IV						100					
	Diazinon	2011	12	I						12					
	Diméthoate	2020	70	I						100					
	Fipronil	2019	0.77	I						100					
	Imidaclopride	2021	13	I						13					
	Lambda-Cyhalotrine	oui	0.022	I						100					
	Perméthrine	2007	0.27	I						100					
	Pirimicarbe	oui	90	I						90					
	Thiaclopride	2021	10	I						10					
Thiaméthoxame	2020	42	I						42						

Risque toxicologique observé: risque moyen calculé uniquement sur les échantillons avec des dépassements des COE. – PPH: indique s'il y a une homologation pour un usage phytosanitaire, active ou passée. – Dates: année à laquelle les substances ont été retirées de l'Annexe 1 de l'ordonnance sur la mise en circulation des produits phytosanitaires (OPPh, RS 916.161). Certaines substances actives sont encore autorisées pendant 2 ans jusqu'à l'écoulement des stocks – Vert: les substances interdites dans le cadre des paiements directs (PER) depuis le 1^{er} janvier 2023. Des exceptions sont permises pour certains types de culture.

Tableau Micropolluants 2: Liste des substances présentant des dépassements de la limite légale de l'Annexe 2 OEaux et/ou des limites écotoxicologiques (COE) dans le cas d'une pollution chronique.



Les pesticides à l'origine de pollutions aiguës et ponctuelles

Le Tableau 3 répertorie les substances pour lesquelles des dépassements sont constatés, tant au niveau des normes de qualité définies par l'OEaux que des critères de qualité environnementale aigus. Les **fongicides** et **insecticides** figurent parmi les principaux pesticides responsables de la toxicité aiguë pour les invertébrés, tandis que les **fongicides** et **herbicides** sont associés à des impacts sur les organismes primaires et les vertébrés.

Cette analyse de la pollution aiguë révèle que toutes les substances posant problème en termes de pollution aiguë présentent également des problèmes de pollution chronique, à l'exception du chloridazone. En ce qui concerne le fénoxy-carbe, la méthodologie actuelle ne permet pas de réaliser une évaluation chronique, mais seulement aiguë.

Le saviez-vous ?



Un pesticide est une substance chimique de synthèse ou naturelle utilisée pour tuer, contrôler ou repousser des organismes nuisibles. Les trois types de pesticides les plus connus sont les herbicides contre les mauvaises herbes, les fongicides contre les champignons et les insecticides contre les insectes.

Catégories	Paramètres	PPH	Risque toxicologique observé				Evaluation selon l'OEaux						
			CQE [ng/L]	Effect	2019	2020	2021	2022	NQE [ng/L]	2019	2020	2021	2022
Fongicides	Azoxystrobine	oui	550	PIV					550				
	Boscalide	oui	12 000	PIV					100				
	Cyprodinil	oui	3 300	I					3 300				
	Iprovalicarbe	oui	190 000	PIV					100				
	Métalaxyl-M	oui	97 000	PI					100				
	Propamocarbe	oui	1 000 000	PIV					100				
	Spiroxamine	oui	63	P					100				
	Tébuconazole	oui	1 400	PI					100				
Herbicides	Trifloxystrobine	oui	810	PIV					100				
	2,4-D	oui	4 000	P					100				
	Bentazone	oui	470 000	P					100				
	Chloridazone	2020	190 000	P					100				
	Diméthanamide-P	oui	2 500	P					100				
	Ethofumesate	oui	260 000	PIV					100				
	Flufénacét	oui	750	P					100				
	Foramsulfuron	oui	96	P					100				
	MCPA	oui	6 400	P					6 400				
	Mécoprop-p	oui	4 700	P					100				
	Mésotrione	oui	770	P					100				
	Métamitron	oui	39 000	P					100				
	Insecticides	S-Métolachlore	oui	3 300	P					3 300			
Terbuthylazine		oui	1 300	P					1 300				
Cyperméthrine		oui	0.44	I					0.44				
DEET		-	410 000	PIV					100				
Déltaméthrine		oui	0.017	I					100				
Diméthoate		2020	980	I					100				
Fénoxy-carbe		2021	8.7	PIV					100				
Fipronil		2019	3.2	I					100				
Lambda-Cyhalotrine	oui	0.19	I					100					
Perméthrine	2007	2.5	I					100					

Risque toxicologique observé : risque moyen calculé uniquement sur les échantillons avec des dépassements des NQE. – PPH: indique s'il y a eu une homologation pour un usage phytosanitaire. – Dates: année à laquelle les substances ont été retirées de l'annexe 1 de l'ordonnance sur la mise en circulation des produits phytosanitaires (OPPh, RS 916.161) entre le 1^{er} janvier 2005 et le 1^{er} juillet 2022. Certaines substances actives sont encore autorisées pendant 2 ans jusqu'à l'écoulement des stocks. – Vert: les substances interdites dans le cadre des paiements directs (PER) depuis le 1^{er} janvier 2023. Des exceptions sont permises pour certains types de culture.

Tableau Micropolluants 3: Liste des substances présentant des dépassements de la limite légale OEaux Annexe 2 (NQE) et/ou des limites écotoxicologiques aiguës (CQEa).

Résultats selon l'indice de pollution

Une présence marquée des micropolluants des eaux usées

La Figure 4 offre une vue d'ensemble de l'indice de pollution de 27 stations surveillées à l'aide d'échantillons instantanés. Ce réseau de surveillance met en évidence l'impact des rejets d'eaux usées (exutoires de STEP ou déversements dans les réseaux d'évacuation) dans différents cours d'eau du canton.

Les petits cours d'eau, avec un taux de dilution inapproprié, sont les plus touchés, présentant un risque écotoxicologique élevé pour la biodiversité (par exemple, Grenet, Parimbot, Mortigue et Canal occidental). L'effet cumulatif des rejets des STEP le long d'un cours d'eau (par exemple, la Venoge) engendre une augmentation des concentrations d'amont (station la Saraz) en aval (station Ecublens Les Bois) et donc du risque.



- Risque faible et peu ou pas de présence de polluants
- Risque faible mais présence de polluants
- Risque modéré à élevé et forte présence de polluants
- Risque très élevé et très forte présence de polluants

Rivières	Sites	CC _{moy} [ng/L]	R _{moy}
Arnon	Amont Lac	1 249	1.3
Arnon	Amont Vuiteboeuf	2 780	3.7
Aubonne	Allaman Le Coulet	1 027	1.5
Broye	Domdidier	2 735	4.0
Broye	Amont Step Henniez	2 430	2.1
Broye	Bressonnaz	3 306	2.4
Eau Froide de Roche	Rennaz	8 516	3.6
Foirause	Aval Step Bercher	5 289	3.8
Grand Canal	Embouchure	1 925	3.7
Grande Eau	Aigle Autoroute	432	0.6
Grenet	Le Pigeon	8 450	13.9
Menthue	La Mauguettaz	1 050	0.8
Morges	Morges	1 453	1.1
Mortigue	Aval STEP Bioley-Orjulaz	9 835	11.2

Rivières	Sites	CC _{moy} [ng/L]	R _{moy}
Canal Occidental	Amont Yverdon	8 259	10.3
Orbe	Vallorbe	235	0.0
Parimbot	Aval STEP Servion	14 349	39.0
Parimbot	Amont STEP Servion	215	0.0
Sarine	Amont La Tine	254	0.2
Talent	Chavornay	3 740	4.4
Talent	St. Barthelemy	5 881	5.2
Talent	Malapalud	3 197	3.4
Thièle	Yverdon Curtil-Maillet	907	0.9
Venoge	Ecublens Les Bois	1 900	2.3
Venoge	Moulin Du Choc	1 037	0.7
Venoge	Lussery	1 068	0.7
Venoge	La Sarraz	518	0.3

Figure Micropolluants 4: Qualité des 27 stations du réseau de surveillance des micropolluants des eaux usées (2018–2022): moyenne des concentrations cumulées (CC_{Moy}) et des risques cumulés (R_{Moy}).



La Venoge à Bussigny

Quelles sont les perspectives ces prochaines années ?

Plusieurs démarches à la fois fédérales et cantonales sont en place pour réduire la présence de micropolluants dans les eaux de surface, détaillées notamment dans le Plan sectoriel de protection de la qualité des eaux du Canton de Vaud.

En ce qui concerne les produits phytosanitaires utilisés en agriculture, tant le Plan d'action national lancé en 2017 visant à réduire les risques et promouvoir une utilisation durable des produits phytosanitaires que le Plan phyto vaudois, ont pour objectif de diminuer les impacts de ces produits sur les écosystèmes aquatiques et les ressources en eau.

À partir du 1^{er} janvier 2023, plusieurs substances phytosanitaires sont désormais interdites dans le cadre des paiements directs (PER), à l'exception de certains types de cultures comme le maraîchage, dans le but de réduire de manière significative, 50% voire jusqu'à 75%, les risques liés aux produits phytosanitaires en agriculture, en ligne avec les objectifs du plan d'action national. Ces substances sont sélectionnées en raison de leur forte toxicité et de leur prévalence dans les cours d'eau en Suisse.

Le plan cantonal micropolluants vise à réduire de plus de 80% la présence de micropolluants dans les eaux usées traitées par ou via les stations d'épuration d'ici 2035, touchant ainsi plus de 90% de la population vaudoise.

De plus, une nouvelle génération de Plans généraux d'évacuation des eaux (PGEE 2.0) est en cours de développement pour améliorer l'efficacité des réseaux d'évacuation des eaux usées à l'échelle des bassins versants des stations d'épuration, avec une surveillance renforcée des déversements d'eaux usées non traitées dans les cours d'eau.

MÉTAUX

Les métaux lourds : un regard sur leur présence dans les rivières

La présence de métaux dans les eaux de surface peut être associée à des sources naturelles (altération de la roche mère) auxquelles peuvent s'ajouter des sources ponctuelles et diffuses d'origine anthropique :

Activités industrielles : les usines et les installations industrielles peuvent déverser des métaux lourds dans les cours d'eau par le biais des eaux usées. Ces métaux peuvent être présents dans les processus de production ou être des sous-produits de divers procédés industriels.

Sites pollués et anciennes décharges : les sites industriels, les anciennes décharges et les sites pollués peuvent être des sources de déversement de métaux lourds dans les cours d'eau. Les activités passées ou présentes peuvent avoir entraîné la libération de métaux lourds dans le sol, qui peuvent ensuite être lessivés dans les cours d'eau par les précipitations ou les eaux souterraines.

Activités agricoles : Les pratiques agricoles telles que l'utilisation de pesticides et d'engrais contenant des métaux lourds peuvent entraîner leur ruissellement dans les rivières et les lacs voisins.

Si, à de faibles concentrations, certains métaux comme le cuivre et le zinc sont essentiels aux organismes, ils peuvent devenir toxiques à de fortes concentrations. Les métaux lourds peuvent en effet être toxiques pour les organismes vivants présents dans les écosystèmes aquatiques.

Les métaux lourds peuvent perturber le fonctionnement des organes, altérer le métabolisme et inhiber la croissance des plantes et des organismes aquatiques, voire entraîner leur mort.

Les métaux lourds peuvent par ailleurs être bioaccumulés dans les organismes aquatiques, ce qui signifie qu'ils s'accumulent progressivement dans les tissus des organismes vivants. Cela peut entraîner une concentration élevée de métaux lourds dans les prédateurs de niveau trophique supérieur, comme les poissons, et éventuellement dans les humains qui consomment ces poissons.

La surveillance de la qualité en métaux entre 2018 et 2022 en quelques chiffres



36

rivières



63

sites



+6'000

analyses





L'Arnon

Les métaux peuvent altérer la qualité chimique de l'eau en modifiant son pH, sa conductivité et d'autres paramètres physico-chimiques. Cela peut perturber l'équilibre écologique de l'écosystème aquatique et réduire la disponibilité des ressources en eau pour les usages humains.

Les métaux lourds peuvent s'accumuler dans les sédiments des cours d'eau. Lorsque les conditions sont favorables, ces métaux peuvent être remis en suspension dans l'eau et contaminer l'écosystème aquatique. Les métaux peuvent être présents majoritairement sous forme dissoute ou en suspension dans l'eau. Des exigences sont fixées dans l'ordonnance fédérale sur la protection des eaux (OEaux, RS 814.201) aussi bien sur la partie dissoute que totale.

Entre 2018 et 2022, plus de 6 000 analyses ont été menées sur 63 sites répartis le long de 36 rivières dans le canton de Vaud. L'objectif était de surveiller la présence de micropolluants inorganiques tels que le cuivre, le cadmium, le nickel, le plomb, le chrome et le zinc. Pour évaluer la qualité, seule la partie dissoute de ces micropolluants inorganiques a été prise en compte. La méthode d'évaluation utilisée se base sur le Système Modulaire Gradué (SMG) (Paul Liechti, 2010), qui compare les concentrations observées dans l'environnement aux exigences de l'annexe 2 de l'ordonnance sur la protection des eaux (OEaux).

Le cuivre, élément métallique le plus présent dans les rivières du canton

Dans l'ensemble, 84 % des analyses démontrent une conformité aux objectifs de qualité (voir Figure 1). Les cas de dépassements concernent principalement le cuivre, avec 44 % des évaluations ne respectant pas les objectifs de qualité, suivi du zinc, avec 17 % des évaluations montrant des dépassements.

Les excès de cuivre sont observés dans tout le canton, à l'exception des régions des Alpes et du bassin de l'Orbe (Figure 2), où aucun dépassement n'est constaté. La présence de cuivre dans les eaux de surface peut être attribuée aux ruissellements provenant des toitures, ainsi qu'à son utilisation dans l'agriculture (notamment comme fongicide) et dans l'industrie. Quant au zinc, il peut provenir des rejets d'eaux usées d'entreprises industrielles (comme celles utilisant la galvanisation de l'acier ou des peintures), des gouttières et du trafic routier (*par l'abrasion des pneus*^[2]).

L'évaluation de la qualité en métaux se fonde sur le percentile 90 des concentrations enregistrées entre 2018 et 2022. Ce percentile 90 représente la valeur en dessous de laquelle 90 % des concentrations se situent. La Figure 2 met en évidence les sites présentant des dépassements des exigences de l'OEaux : un site pour le chrome, deux sites pour le cadmium, dix pour le zinc et quarante pour le cuivre.

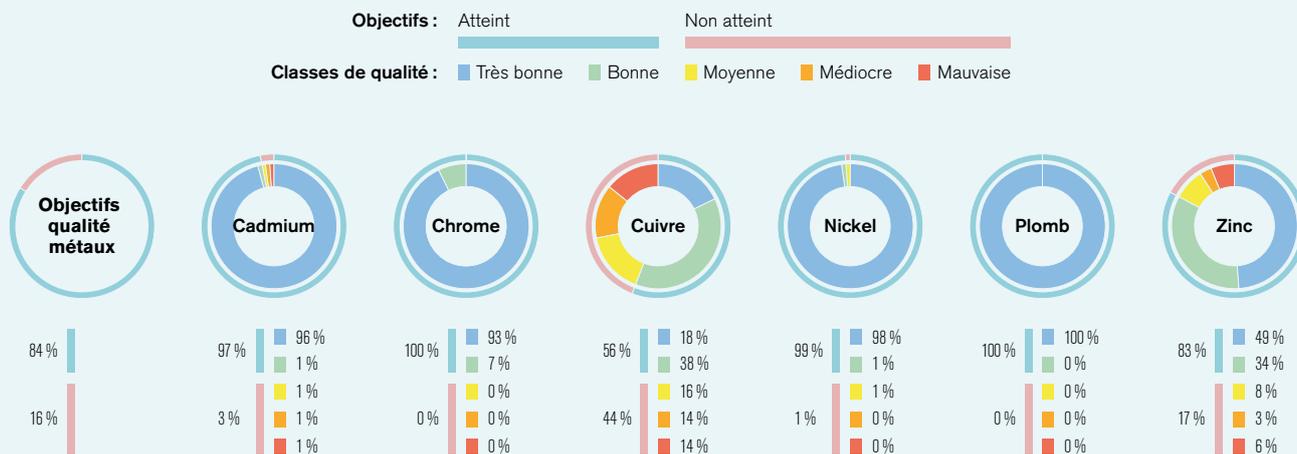


Figure Métaux 1 : Répartition des classes de qualité pour 6 métaux pour 63 sites répartis sur 36 rivières, selon les analyses effectuées entre 2018 et 2022.

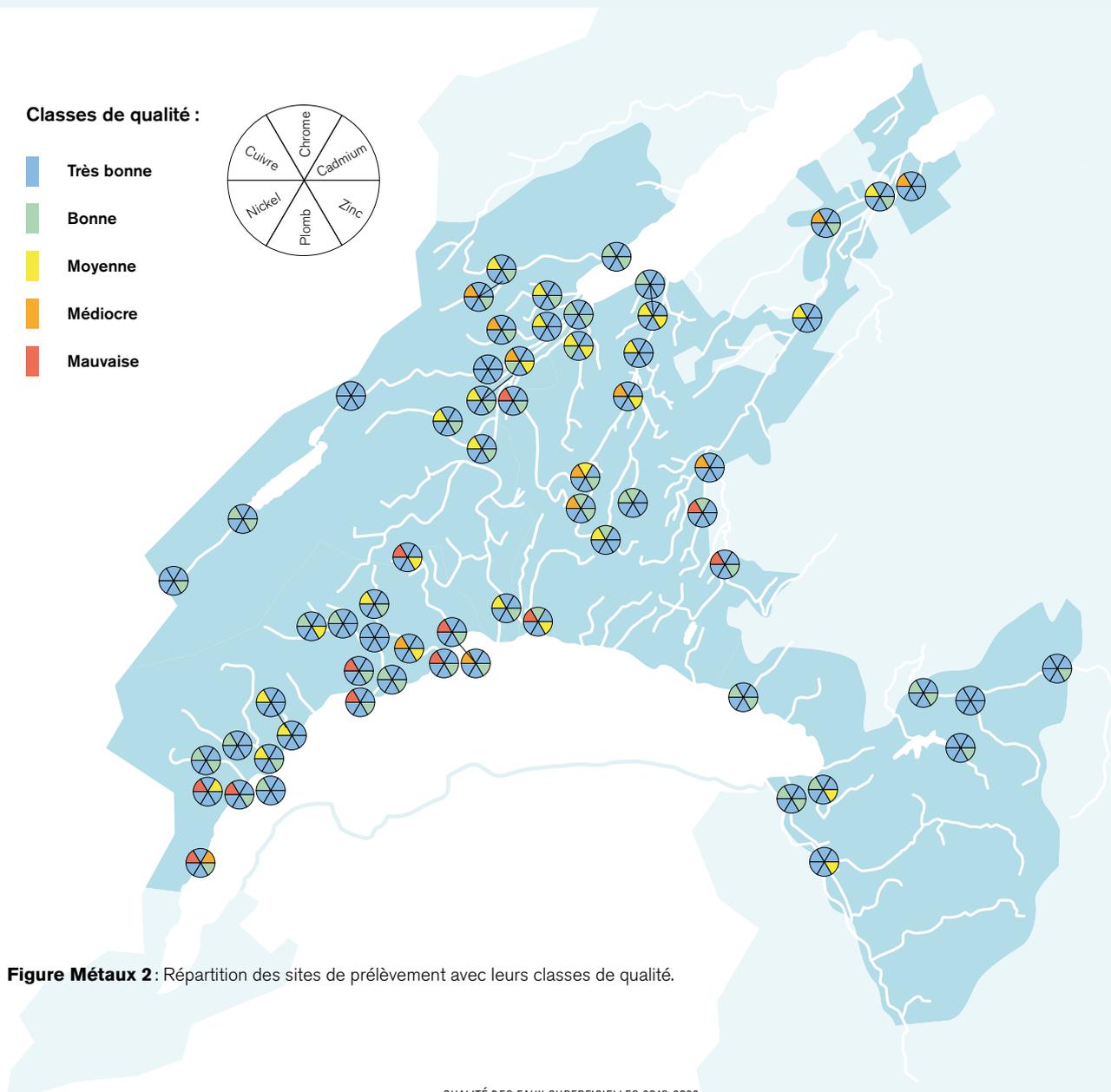


Figure Métaux 2 : Répartition des sites de prélèvement avec leurs classes de qualité.

QUALITÉ BIOLOGIQUE ET ÉCOTOXICOLOGIQUE

La qualité biologique des cours d'eau vaudois de 1990 à 2022

Le suivi de la qualité biologique des cours d'eau vaudois, opérationnel depuis les années 1990, couvre 154 sites répartis sur 60 rivières (Figure 1).

Les analyses sont effectuées sur un cycle de cinq ans pour chaque station.

La qualité de ces sites est évaluée à l'aide de plusieurs indices biotiques (IBCH¹⁹, ROB¹⁹ et GI¹⁹), qui reposent sur la présence ou l'absence de certains invertébrés aquatiques.

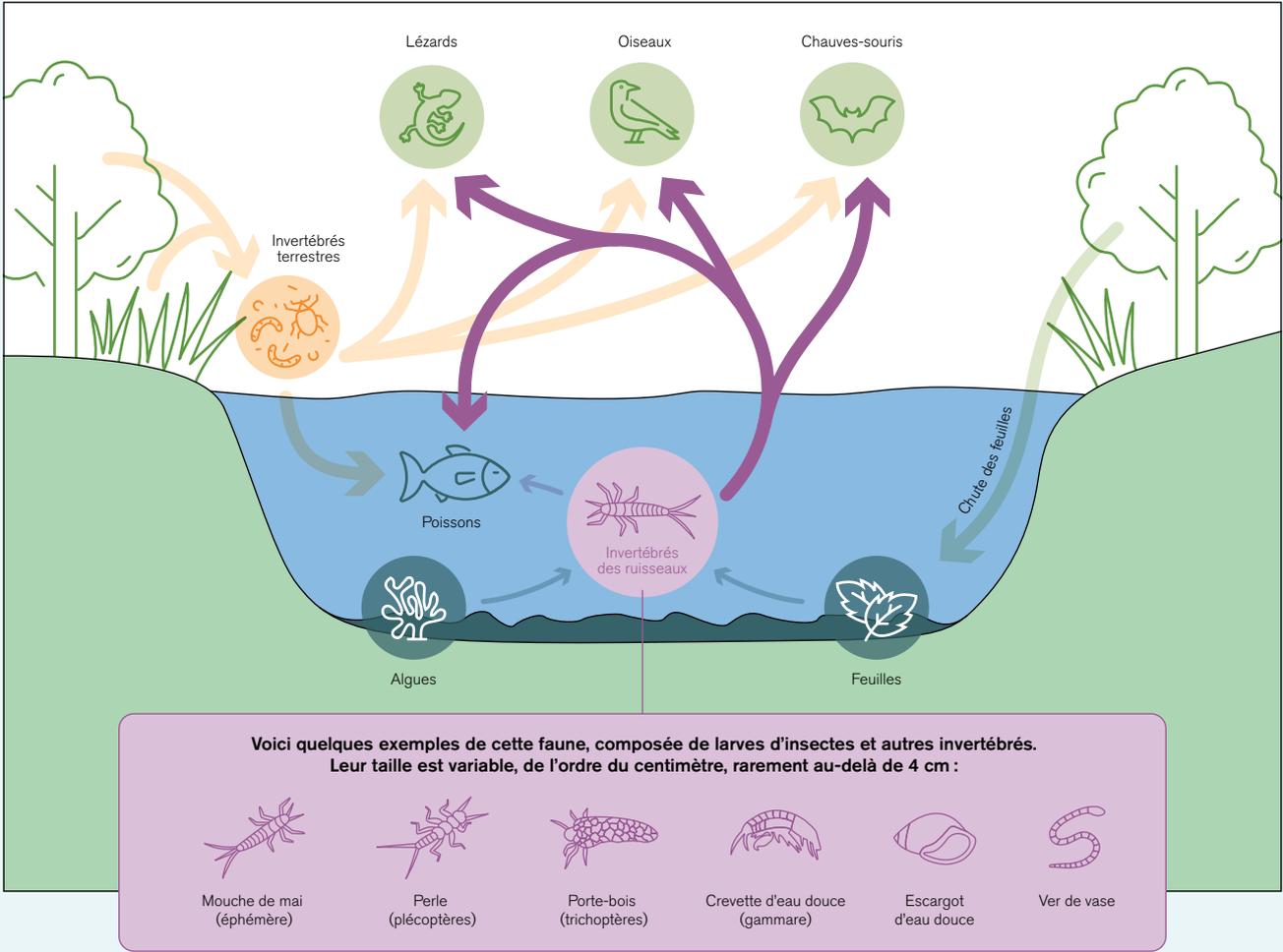
Les prélèvements de la faune sont réalisés au printemps, une période propice à leur développement et correspondant au pic de biodiversité dans les cours d'eau.

Indices biologiques

IBCH¹⁹: indice biotique suisse normalisé. Il prend en compte la composition et la diversité de la petite faune aquatique. Il est basé d'une part sur la qualité et la diversité des habitats et, d'autre part, sur les atteintes à la qualité de l'eau dues à un excès de nutriments/micropolluants et à un manque d'oxygène.

ROB¹⁹: indice de robustesse qui permet d'évaluer la fiabilité de la note IBCH¹⁹. Plus la valeur de robustesse est proche de l'IBCH¹⁹, plus l'IBCH¹⁹ est robuste.

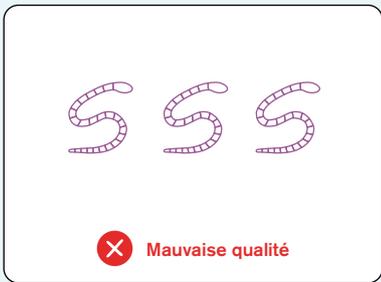
GI¹⁹: indice qui est défini par le groupe indicateur le plus sensible aux pollutions dans la liste faunistique observée.



Petits mais essentiels

Le fond des rivières abrite de nombreuses petites larves d'insectes, ainsi que des vers, crustacés et mollusques (escargots d'eau douce) visibles à l'œil nu, mesurant de 0,5 mm à quelques centimètres au dernier stade de leur développement. Ces organismes jouent un rôle crucial dans la chaîne alimentaire, recyclant la matière organique ou servant de nourriture aux poissons et oiseaux, entre autres.

Grâce à leur longue durée de vie dans l'eau (souvent un an ou plus), cette macrofaune aquatique, également appelée macrozoobenthos ou macroinvertébrés benthiques, est exposée toute l'année aux influences du milieu (pollutions, crues, étiages, dégradation des habitats, températures extrêmes, teneur en oxygène, etc.).



Une faune diversifiée, ainsi que la présence de macroinvertébrés sensibles à la pollution, indiquent une bonne qualité de l'environnement aquatique.

Amélioration générale observée sur le territoire vaudois

La qualité des rivières vaudoises s'est globalement améliorée dès les années 2000. Ainsi, entre 1990 et 1993, seulement 18 % des stations du canton respectaient les exigences légales selon l'OEaux (état biologique bon ou très bon). En revanche, lors de la dernière campagne de mesure (2018–2022), 55 % des stations respectaient ces exigences légales (Figure 2).

Cette amélioration résulte en grande partie de la mise en place et de l'efficacité accrue des stations d'épuration des eaux usées. De plus, les apports en substances nutritives (phosphore, azote) et en matières organiques issus de l'agriculture ont considérablement diminué dans les rivières depuis les années 1990.

Cette tendance à l'amélioration est particulièrement visible dans les stations situées à plus de 600 m d'altitude, tandis que les stations des parties basses des bassins versants montrent une amélioration plus lente. Les analyses révèlent une différence significative des notes IBCH¹⁹ (basées sur les données de 1990 et 2022) en fonction de l'altitude (inférieure ou supérieure à 600 m). Les stations de basse altitude sont soumises à d'autres types d'altérations, notamment les apports de micropolluants.

La plupart des stations d'épuration du canton ne sont en effet pas encore équipées pour retenir ces substances présentes dans les eaux usées. L'accroissement continu de la population ainsi que l'augmentation des surfaces urbanisées et agricoles depuis les années 1950 ont également probablement ralenti l'amélioration de la qualité biologique des cours d'eau.

Les micropolluants organiques sont probablement parmi les facteurs qui freinent le rétablissement d'une bonne qualité biologique dans la partie inférieure de certains cours d'eau.

En particulier, il a été montré que les valeurs des trois indices biotiques (IBCH¹⁹, ROB¹⁹ et GI¹⁹) diminuent significativement lorsque le risque de toxicité pour les invertébrés augmente dans les 10 sites étudiés en aval des bassins versants (Figure 3).

Le risque de toxicité pour les invertébrés, calculé à partir de la concentration maximale en micropolluants observée dans les eaux, a permis de classer les sites en quatre catégories :

- Faible (Aubonne, Menthue, Promenthouse)
- Moyen (Broye)
- Élevé (Ruisseau de Gi de Cuarny, Thièle, Venoge)
- Très élevé (Boiron de Morges, Combagnou et Eau Noire de Perroy)

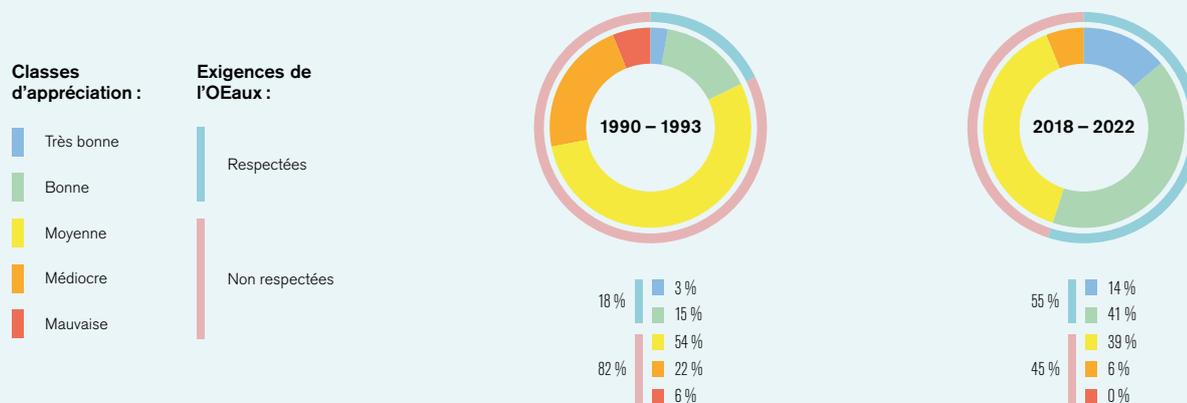


Figure Qualité biologique et écotoxicologique 1 : Répartition des 154 sites d'analyse par classe de qualité biologique selon l'IBCH¹⁹.

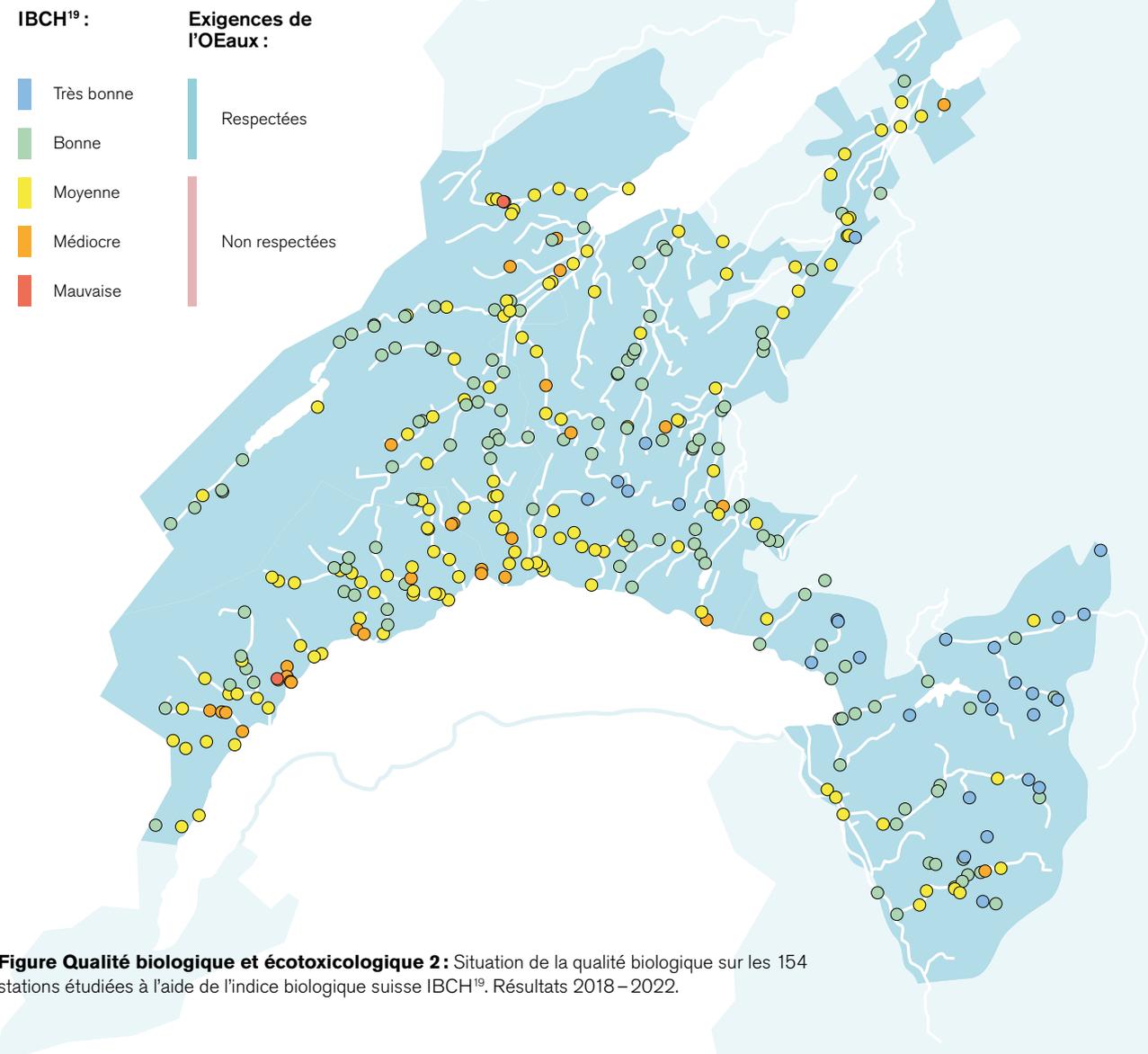


Figure Qualité biologique et écotoxicologique 2 : Situation de la qualité biologique sur les 154 stations étudiées à l'aide de l'indice biologique suisse IBCH¹⁹. Résultats 2018 – 2022.

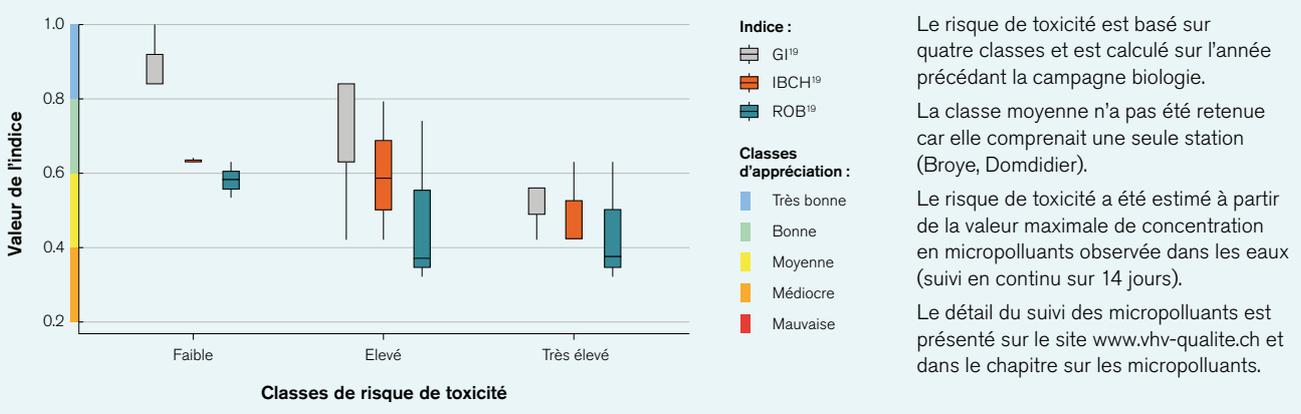


Figure Qualité biologique et écotoxicologique 3 : Valeurs des trois indices biotiques (GI¹⁹, IBCH¹⁹ et ROB¹⁹) entre 2018 et 2022 en fonction des classes de risque de toxicité sur les invertébrés (n=9 sites).

De minuscules organismes pour caractériser la qualité du sédiment des rivières

Depuis 2023, le canton de Vaud a lancé de nouvelles initiatives dans le domaine de l'écotoxicologie aquatique pour évaluer la présence de substances toxiques dans les sédiments des rivières.

Cette approche innovante consiste à exposer des organismes à des échantillons de sédiments prélevés en rivière pendant une période déterminée. Une fois cette exposition terminée, divers indicateurs tels que la croissance des organismes et le taux de mortalité au sein de la population exposée sont mesurés.

Ces marqueurs permettent d'évaluer l'impact des contaminants sur la faune et d'identifier plus précisément les facteurs contribuant à la dégradation des cours d'eau.

Grâce à l'utilisation de ces organismes, une récente étude menée sur la Broye et ses affluents (Migliore & Marle, 2024) a révélé que quatre-vingts pour cent des échantillons de sédiments prélevés étaient létaux pour la faune aquatique. Parmi ces échantillons, ceux collectés en aval de rejets de stations d'épuration présentaient les taux de mortalité les plus élevés.

Cette étude pourra être répétée dans les années à venir pour évaluer si les indicateurs utilisés montrent une amélioration de la qualité des sédiments suite à l'installation de nouveaux dispositifs de traitement des eaux usées ou à des changements dans les points de rejet.



En haut: Dispositif expérimental de mise en contact des organismes avec le sédiment.

Ci-contre: L'organisme invisible à l'œil nu, appelé ostracode, utilisé pour caractériser la qualité des sédiments de la Broye.





Prélèvements sur le terrain

Perspectives

En conclusion, la première phase de l'épuration des eaux a été couronnée de succès, avec une amélioration notable de la qualité biologique de plusieurs rivières depuis les années 1990.

Toutefois, les progrès restent insuffisants dans plusieurs stations situées à basse altitude, indiquant que d'autres problèmes, en dehors de l'épuration classique des eaux usées, doivent être adressés. Parmi ces problèmes figurent des rejets polluants, provenant par exemple des voies de communication ou de l'agriculture, et la dégradation de l'habitat.

La pollution par les micropolluants des eaux usées diminuera encore dans un avenir proche grâce aux traitements spécifiques qui seront mis en place dans les stations d'épuration.

L'amélioration de l'habitat nécessitera des mesures de revitalisation complémentaires pour restaurer le fonctionnement normal des rivières et rendre les écosystèmes fluviaux plus résilients aux impacts mentionnés ci-dessus, ainsi qu'aux effets du changement climatique, comme la diminution des débits et l'augmentation de la température moyenne de l'eau.

Pour en savoir plus

Données disponibles sur le géoportail vaudois vhv-qualite.ch^[2].

Méthode IBCH¹⁹ [2] du Système modulaire gradué de la Confédération.

Système modulaire gradué (SMG)^[2] de la Confédération.

POISSONS ET ÉCREVISSSES

Monitoring de la biodiversité des milieux aquatiques

Le canton de Vaud se situe à un carrefour biogéographique entre les Alpes, le Plateau et le Jura. Son relief, l'importance de ses surfaces agricoles (42 %) et forestières (39 %), ainsi que sa richesse en lacs et cours d'eau (12 %) sont à l'origine d'une grande diversité de paysages, de milieux et d'espèces dont plusieurs revêtent une importance nationale voire internationale.

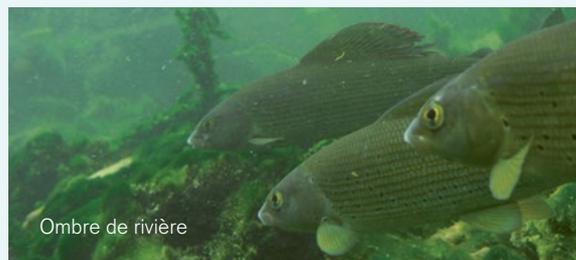
Dans le cadre de son plan d'action pour la biodiversité, démarré en 2019, le canton met en place un système de surveillance de la biodiversité et notamment dans les milieux aquatiques. Cet outil comprend une série d'indicateurs conçus pour suivre l'évolution de la biodiversité, identifier les espèces et les milieux prioritaires, et évaluer l'efficacité des mesures prises à l'échelle du canton. Les indicateurs comprennent notamment : les batraciens, la petite faune benthique peuplant le fond des rivières, les libellules, les invertébrés vivant dans la partie littorale et profonde des lacs, ou encore les oiseaux des rives lacustres.

Alors que certains suivis, comme les inventaires piscicoles, sont en cours depuis un certain temps, la plupart ont été initiés ces dernières années. Les premiers résultats de ces nouveaux suivis sont prévus pour 2025. En plus de surveiller les cours d'eau et les lacs, ces nouvelles initiatives visent à obtenir des indicateurs pour les petits plans d'eau, les étangs temporaires, les zones humides, les bas et haut-marais, les milieux de sources et les zones alluviales.

Le saviez-vous ?



Le canton de Vaud abrite plusieurs espèces prioritaires pour lesquelles il a une responsabilité de conservation. Pour les poissons, c'est notamment le cas de l'ombre de rivière et de la truite lacustre.



Ombre de rivière



Truite lacustre

Du côté des poissons dans les cours d'eau . . .

Les connaissances relatives aux peuplements de poissons dans les cours d'eau du territoire vaudois sont basées sur des inventaires comprenant des prélèvements effectués sur plus de 195 sites répartis le long de 108 cours d'eau. Ces études sont menées environ tous les 10 ans. Les derniers inventaires, réalisés entre 2010 et 2012, sont en cours de mise à jour depuis 2022 et devraient se poursuivre jusqu'en 2024.

Cependant, des résultats préliminaires sont disponibles, permettant de dresser un bilan provisoire de l'inventaire des populations de poissons pour l'année 2023 : sur les 76 stations échantillonnées (sur un total de 104 stations), 30 espèces différentes de poissons ont été recensées.

Parmi celles-ci, 6 sont classées comme menacées selon la dernière *Liste rouge de l'OFEV (2022)*¹². Ces espèces comprennent la truite lacustre, l'ombre de rivière, la lamproie de Planer et la loche transalpine, considérées comme fortement menacées, ainsi que le spirilin et le blageon, toutes deux classées comme menacées. Sur les 76 stations échantillonnées, 28 d'entre elles abritent au moins une espèce menacée.

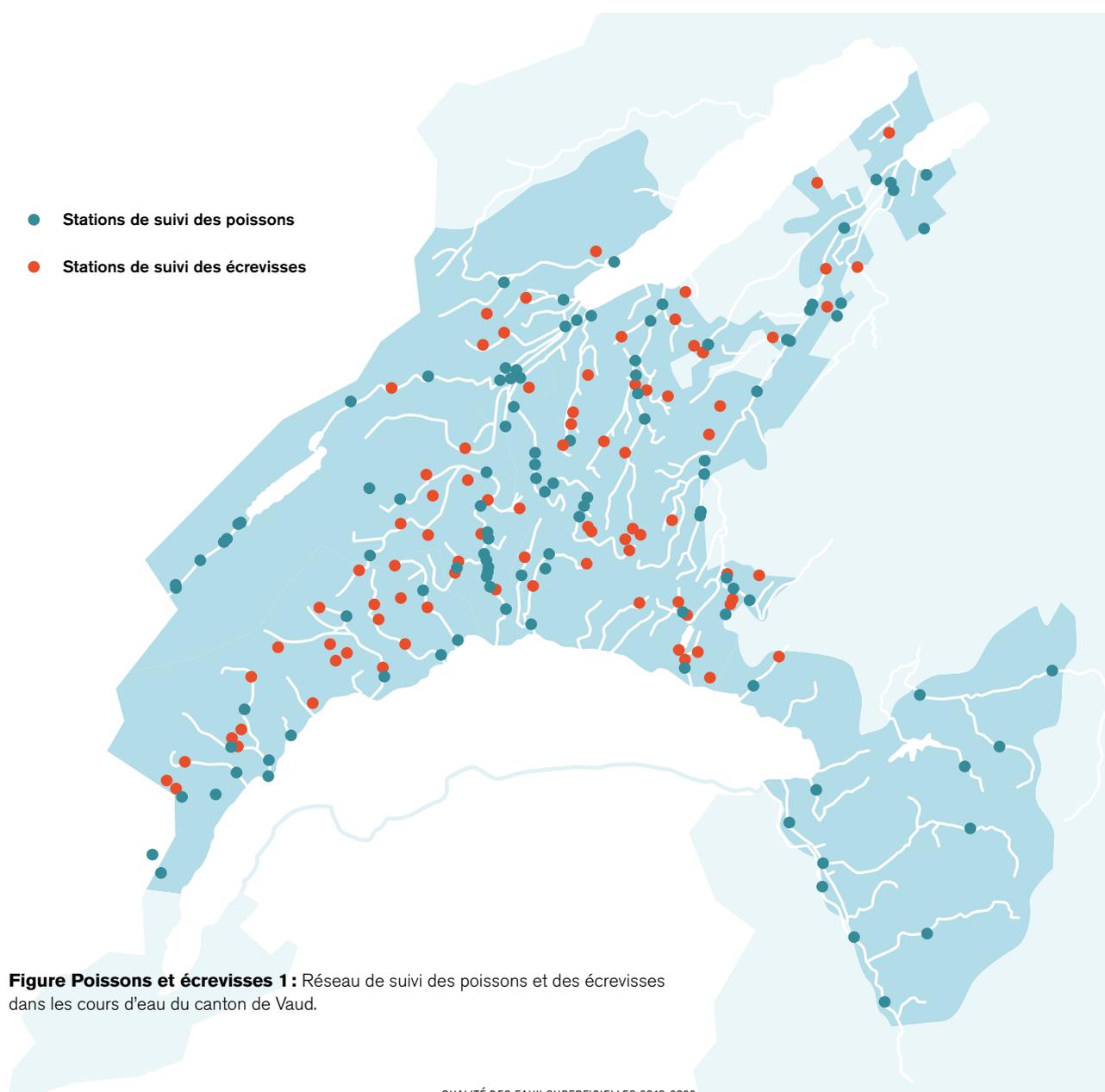


Figure Poissons et écrevisses 1 : Réseau de suivi des poissons et des écrevisses dans les cours d'eau du canton de Vaud.

... et dans les lacs

L'objectif principal du «*Projet Lac*»^[2] est de déterminer d'une manière standardisée la diversité de l'ichtyofaune des grands lacs naturels alpins et périalpins. Les principaux enseignements mis en évidence se résument comme suit pour chacun des lacs :

Lacs de Joux et Brenet (2011)^[2]

Les deux plans d'eau ont réussi à préserver les cinq espèces historiquement répertoriées (truite, perche, lote, brochet et un cyprinidé). Le protocole de capture du «*Projet Lac*» a permis de recenser un total de 12 espèces de poissons et 1 espèce d'écrevisse sur ces 2 lacs, la plupart des espèces introduites provenant de bassins versants voisins. En un peu plus d'un siècle, les niveaux d'eau ont baissé respectivement de 4 mètres pour le lac de Joux et de 6 mètres pour le lac Brenet en raison de l'exploitation hydroélectrique, entraînant une perte de volume de l'ordre d'un quart pour le lac de Joux et d'un tiers pour le lac Brenet.

De plus, la régulation artificielle des écoulements provoque un assèchement imprévu des habitats littoraux du lac de Joux, favorise la croissance de la végétation sur les rives du lac Brenet et déconnecte totalement les deux plans d'eau. La période de basses eaux prolongée observée en 2011 n'est qu'un exemple marquant de cette transformation radicale du régime hydrologique.

Lac de Neuchâtel (2011)^[2]

En 150 ans, le lac de Neuchâtel a connu plusieurs changements :

- Il a probablement perdu 4 espèces (saumon atlantique, lamproie fluviatile, jaunet, able de Stymphale) ;
- Les populations de 7 espèces liées aux cours d'eau (barbeau fluviatile, blageon, hotu, spirilin, ombre, lamproie de planer, anguille) ont diminué ;
- Selon Pedroli (1983), la souche lémanique de l'omble chevalier, bien que réintroduite, s'est raréfiée ;
- 10 espèces allochtones se sont développées, dont deux sont fréquemment observées (rotengle du sud et loche transalpine).

En 2011, 24 des 32 espèces originelles, soit 75 %, ont été recensées par le *Projet Lac* ou signalées par la pêche. Parmi celles-ci, la bouvière et la truite de lac sont considérées comme menacées selon l'ordonnance relative à la loi fédérale sur la pêche (OFSP 923.01). La répartition des poissons montre une nette dichotomie : en automne, les cyprinidés dominent dans le bas lac, tandis que les corégones sont plus nombreux dans le haut lac.

De plus, les perches capturées dans le bas lac sont clairement plus parasitées que celles du haut lac. Ce degré de parasitisme, en milieu aquatique, est généralement proportionnel à la présence de polluants ou à des stress environnementaux. Ainsi, plus on se rapproche de l'exutoire, plus l'ichtyofaune du lac de Neuchâtel semble souffrir de la dégradation de la qualité de l'eau et/ou des habitats.

En conclusion, la situation écologique du lac de Neuchâtel n'est vraisemblablement pas optimale.

Léman (2012)^[2]

Selon le recensement effectué en 2012, 14 des 18 espèces considérées comme indigènes par Forel sont toujours présentes. Cependant, malgré 890 actions de pêche, ni le spirilin ni le vairon n'ont pu être capturés, ce qui indique une densité très faible de ces poissons dans le plan d'eau. Pour les corégones, les espèces natives que sont la gravenche et la féra ont disparu. À ce jour, les corégones capturés ont été identifiés comme des palées du lac de Neuchâtel.

De manière générale, la situation des espèces indigènes des profondeurs (omble, chabot) et de celles liées aux cours d'eau (ombre, loche franche) est préoccupante. Cette dégradation a commencé après la première guerre mondiale pour des raisons encore obscures et s'est nettement aggravée avec l'augmentation de la pollution organique au milieu du 20^e siècle.

Bien qu'une amélioration ait été observée depuis les années 1970, le Léman souffre encore de dysfonctionnements importants, l'empêchant de retrouver pleinement son statut historique de lac dominé par les salmonidés, notamment les corégones.

Lac de Bret (2014)^[2]

Actuellement, le plan d'eau souffre toujours d'apport en excès de matière organique mais possède un peuplement pisciaire équilibré moyennement dense. Les espèces d'eau stagnante considérées comme autochtones sont toutes bien représentées à l'exception de l'ablette. Il s'agit de la perche, du gardon, rotengle, tanche, brochet et de la carpe. En revanche pour les poissons liés aux cours d'eau, seul le goujon a pu être observé. Concernant les espèces non indigènes, le sandre, la brème commune, la brème bordelière, l'écrevisse signal et l'écrevisse américaine ont été recensés.



Lac de Bret

Lac de Morat (2010)¹²

On estime que 36 % de la biodiversité piscicole indigène a disparu en 170 ans. Les facteurs suivants sont probablement à l'origine de cette perte :

- 100 % de désoxygénation en dessous de 20 mètres de profondeur à la fin de la stratification estivale ;
- 15 % de diminution de la surface lacustre due aux travaux de correction des eaux du Jura ;
- 30 % de réduction des habitats littoraux structurés en raison de la régulation des niveaux d'eau au fil du temps ;
- 28 % d'artificialisation des rives en conséquence de l'urbanisation croissante ;
- 18 % du peuplement ichtyologique constitué d'espèces allochtones.

En conclusion, la situation écologique du plan d'eau n'est pas optimale. Bien qu'elle soit meilleure qu'au pic de la pollution organique du 20^e siècle, les polluants et les perturbations physiques sont encore trop importants pour espérer le retour des espèces sensibles à la pollution (omble, lote, bondelle ou autres petits corégones) et pour permettre le développement harmonieux des populations de prédateurs autochtones prisés par les pêcheurs (brochet).

La bataille des écrevisses

En ce qui concerne les écrevisses, le bilan de l'année 2023 indique que 59 stations ont été étudiées (sur un total de 91), et l'écrevisse à pattes blanches, une espèce menacée d'extinction, n'a été observée que sur 18 de ces stations. En revanche, l'écrevisse signal, une espèce invasive qui menace la survie des espèces indigènes, n'a été repérée que sur 4 des 59 sites prospectés.

Malgré la tendance apparente des résultats préliminaires à confirmer le déclin marqué d'espèces menacées et prioritaires telles que l'ombre de rivière ou l'écrevisse à pattes blanches, il est essentiel d'attendre les résultats définitifs des inventaires en cours avant de pouvoir analyser et comparer les données complètes sur l'abondance et la répartition. Cela permettra d'évaluer l'état des populations de poissons et d'écrevisses dans les cours d'eau du canton. Ce constat fournira également des informations cruciales pour définir les priorités d'action en faveur des espèces menacées et prioritaires.

Trois espèces invasives d'écrevisses sont particulièrement problématiques en Suisse :

- l'écrevisse signal, reconnaissable aux taches bleu clair des articulations de ses pinces ;
- l'écrevisse américaine, identifiable aux rayures transversales de couleur brun foncé sur les segments de sa queue ;
- l'écrevisse rouge de Louisiane, de couleur rouge.

Ces espèces représentent une menace pour la biodiversité car elles entrent en compétition intense avec les espèces indigènes pour l'habitat et les ressources alimentaires.

De plus, elles sont vectrices de la peste des écrevisses, une maladie mortelle pour les écrevisses indigènes.

Partout où elles s'installent, ces écrevisses invasives supplantent généralement assez rapidement les écrevisses indigènes, et il existe malheureusement peu de mesures réellement efficaces pour limiter leur développement. L'exploitation (pêche) des écrevisses non indigènes, même intensive, n'est pas efficace pour limiter les populations et comporte des risques d'introduction involontaire d'individus et de propagation de la peste des écrevisses, c'est pourquoi elle doit être réservée à la pêche professionnelle.

Par ailleurs, il a été démontré que pour éradiquer une population d'écrevisses invasives d'un plan d'eau ou d'une rivière colonisée, il est nécessaire de complètement assécher l'habitat durant une longue période (plusieurs semaines, voire mois), au risque de détruire toute la biocénose présente.

La mesure privilégiée pour protéger les populations d'écrevisses indigènes consiste à empêcher la propagation des espèces invasives vers l'amont et à les isoler.

Cela se fait en installant des barrières ou barrages à écrevisses à des points stratégiques des cours d'eau.



Écrevisse signal



Écrevisse américaine



Écrevisse rouge de Louisiane

Ces barrières, faites de matériaux lisses et résistants à la corrosion (généralement en acier inoxydable), sont conçues pour être infranchissables pour les écrevisses, grâce à leur surface à laquelle les écrevisses ne peuvent s'accrocher et à un surplomb qui empêche leur progression en amont.

Cependant, ces barrières peuvent également constituer un obstacle pour les poissons ayant de faibles capacités de nage (comme les cyprinidés). Il est donc crucial de réfléchir soigneusement à leur mise en place et de peser les intérêts entre la préservation des populations d'écrevisses et celles des poissons. Une fois installées, ces barrières nécessitent un entretien et une surveillance réguliers pour rester efficaces, car la moindre branche coincée peut permettre aux écrevisses de passer.

À ce jour, deux de ces barrières ont été installées dans le canton de Vaud: la première en 2021 sur le Boiron de Morges et la seconde en 2022 sur le Grenet. Ces cours d'eau abritent une population importante d'écrevisses à pattes blanches, menacées par la remontée des écrevisses signal.

Un suivi de l'efficacité de ces barrières est en cours, et leur entretien est assuré par les équipes d'entretien des lacs et cours d'eau de la DGE-EAU.



POLLUTIONS

Faire face aux pollutions des eaux superficielles

Chaque année, les cours d'eau du canton de Vaud subissent de nombreuses pollutions aiguës d'origine humaine, qu'elles soient **chroniques ou ponctuelles**.

Les premières se produisent de manière continue et persistante au fil du temps et résultent souvent de sources diffuses telles que les ruissellements et rejets urbains, agricoles ou industriels. Bien que les concentrations de polluants puissent être relativement faibles par événement, la persistance à long terme peut entraîner des effets cumulatifs sur la qualité de l'eau et les écosystèmes aquatiques.

Les pollutions ponctuelles résultent, quant à elles, de déversements ou de rejets limités dans le temps. Elles se produisent de manière soudaine, généralement en raison d'événements accidentels, de fuites, de déversements ou de rejets non planifiés. Bien que les concentrations de polluants puissent être élevées pendant un événement ponctuel, l'impact global peut être limité dans le temps. Cependant, l'ampleur de l'impact dépend de la nature des substances déversées et de la rapidité de la réponse aux incidents.

Ainsi, entre 2018 et 2022, ce ne sont pas moins de 687 cas de pollutions aiguës qui ont été enregistrés par le Corps des Inspecteurs de police des milieux aquatiques de la Direction

générale de l'environnement, avec près de 140 cas en moyenne chaque année. Selon les données compilées, les rejets des eaux usées (rejets domestiques) et industriels représentent la cause majeure de pollution des eaux de surfaces, puisqu'ils représentent à eux seuls un tiers des cas de pollution. Viennent ensuite les déversements d'huiles, goudron et autres dissolvants issus généralement des chantiers aux abords des cours d'eau, et les engrais liquides issus de l'exploitation agricole.

Dans de nombreux cas, la cause de la pollution demeure indéterminée, l'origine et la substance impliquée étant souvent difficiles à identifier a posteriori.

Dans ces cas, seuls les effets de la pollution peuvent être constatés, comme la mortalité piscicole. La mortalité piscicole et/ou de la faune benthique est d'ailleurs constatée dans environ 1 cas de pollution sur 5, bien que cette proportion est peut-être sous-estimée puisque dans certains cas, il peut s'avérer difficile de déterminer s'il y a effectivement eu de la mortalité ou non (turbidité, dérive des animaux morts, annonce tardive de la pollution, etc.).

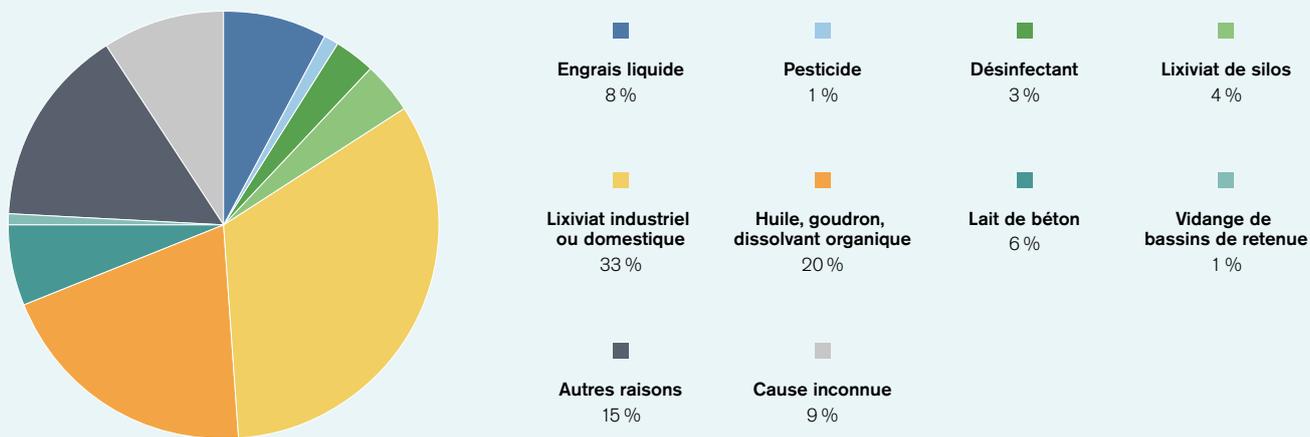


Figure Pollutions 1 : Répartition des sources de pollution ponctuelles affectant les cours d'eau vaudois, entre 2018 et 2022.

Type de pollution et altération:

- Engrais liquide
- Pesticide
- Désinfectant
- Lixiviats de silos
- Lixiviats industriels ou domestiques
- Huile, goudron, dissolvant organique
- Lait de béton
- Vidange de bassins de retenue
- Manque d'oxygène
- Manque d'eau
- Autres raisons
- Cause inconnue

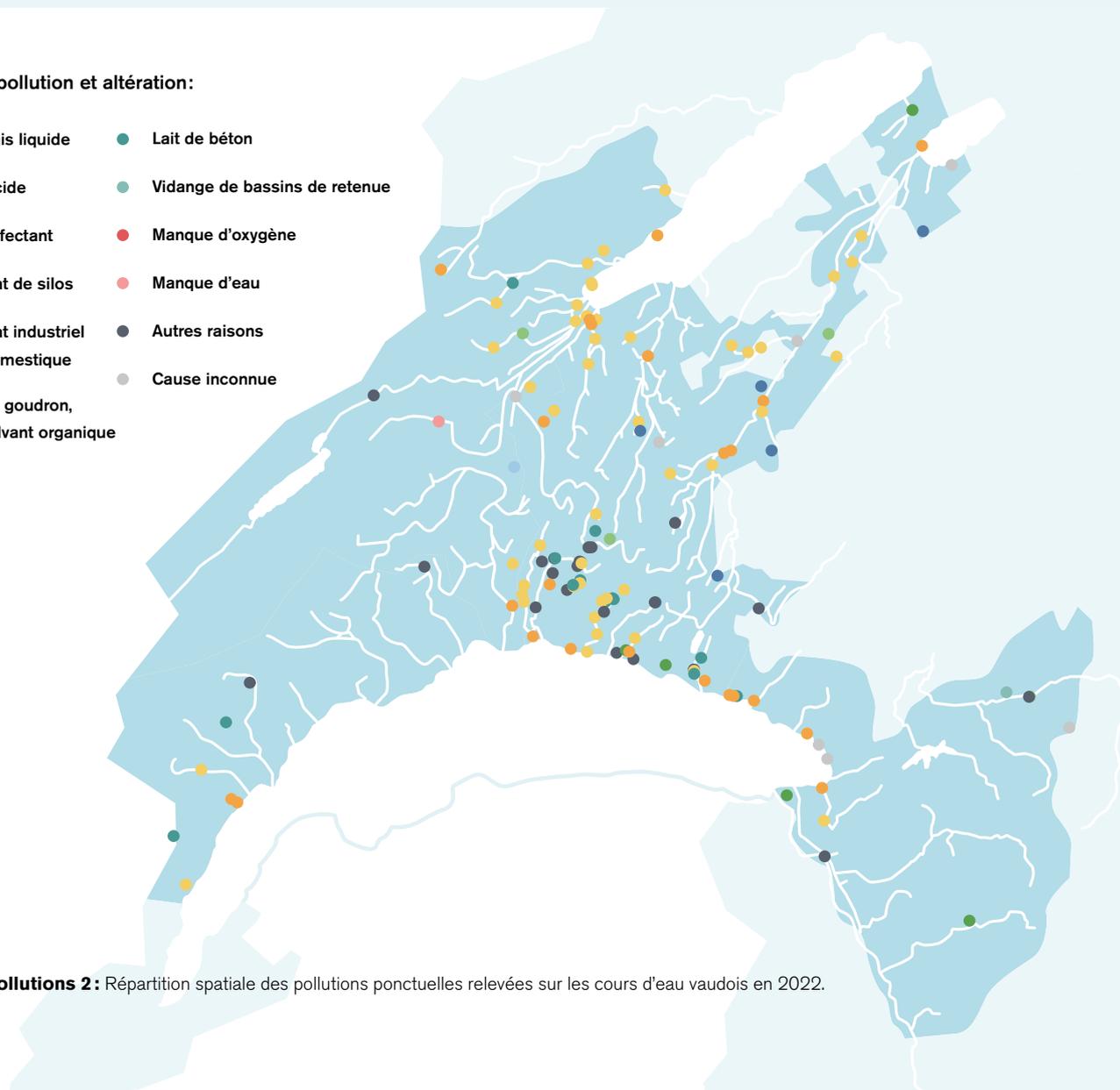
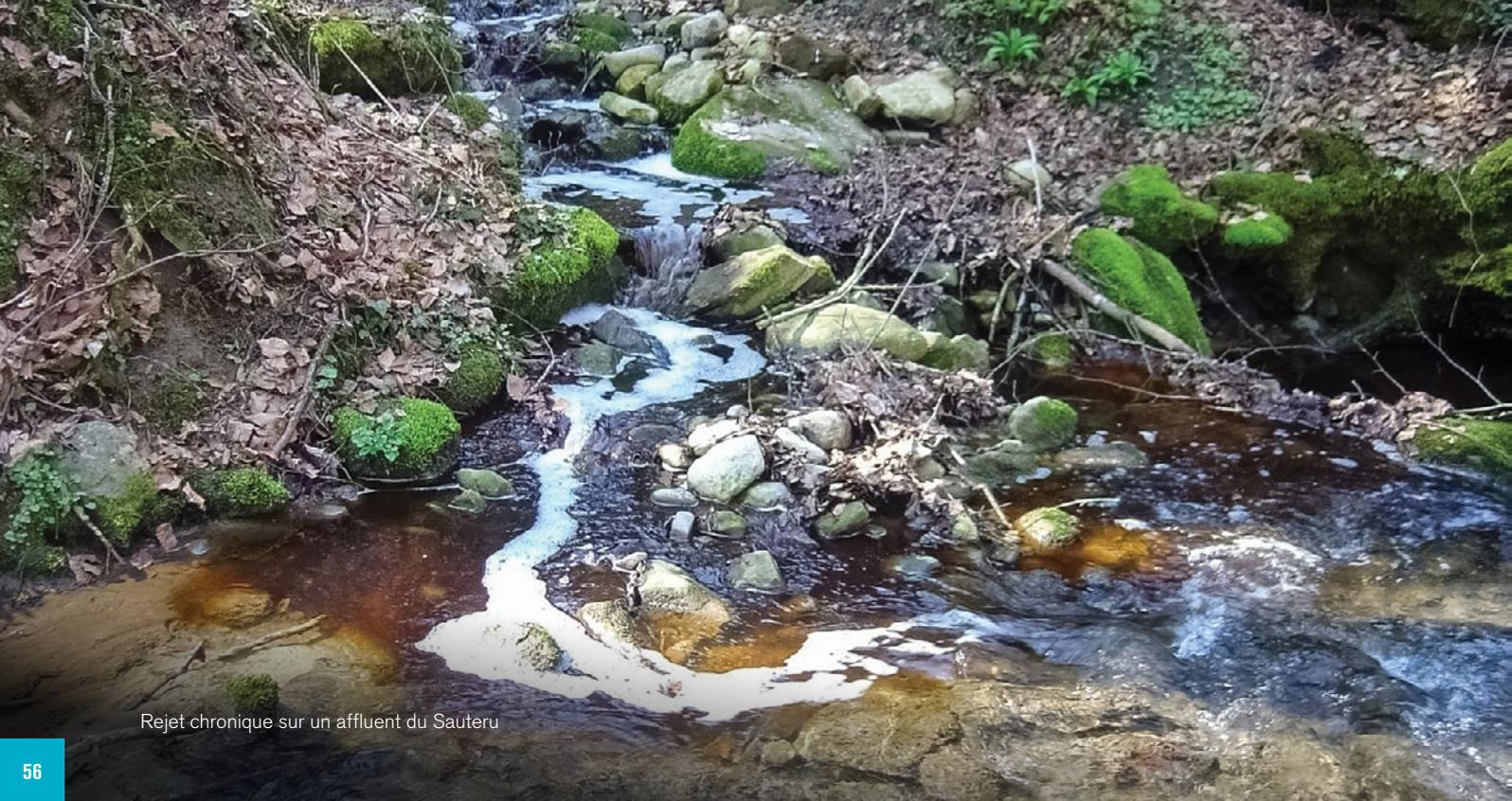


Figure Pollutions 2 : Répartition spatiale des pollutions ponctuelles relevées sur les cours d'eau vaudois en 2022.



Rejet chronique sur un affluent du Sauteru

Impact des pollutions

Le déversement de substances polluantes dans un cours d'eau ou un lac peut avoir des impacts considérables sur la faune et la flore aquatique selon la nature de la substance, sa toxicité et sa concentration.

Quelques exemples sont présentés ci-dessous :

Le transfert dans les eaux de **nutriments**, provenant d'engrais de ferme, de petit-lait, d'eaux usées, etc., génère des excédents d'azote et de phosphore. Lorsque ces éléments pénètrent dans le milieu aquatique, ils peuvent engendrer une prolifération excessive d'algues et de plantes aquatiques, un phénomène connu sous le nom d'eutrophisation.

La décomposition des algues et des plantes mortes consomme de grandes quantités d'oxygène dissous dans l'eau. Cela peut entraîner une diminution significative des niveaux d'oxygène, créant des conditions d'hypoxie ou d'anoxie (absence totale d'oxygène), ce qui est mortel pour de nombreux organismes aquatiques.

L'eutrophisation et la diminution de l'oxygène peuvent tuer ou déplacer des espèces de poissons, d'invertébrés et d'autres organismes aquatiques.

Les espèces sensibles à la pollution, telles que les éphéméroptères, plécoptères et trichoptères (larves d'insectes), sont particulièrement touchées. La perte de ces espèces peut perturber la chaîne alimentaire aquatique.

Le déversement de **produits phytosanitaires** (pesticides, herbicides, fongicides) dans un cours d'eau a des impacts graves sur la faune et le milieu aquatique. Les produits phytosanitaires sont conçus pour tuer ou inhiber des organismes spécifiques. Lorsqu'ils entrent dans un cours d'eau, ils peuvent être toxiques pour une large gamme d'organismes aquatiques, y compris les poissons, les invertébrés, les amphibiens et les plantes aquatiques.

Les espèces les plus sensibles, comme certains poissons et invertébrés, peuvent mourir rapidement après l'exposition. Certains produits phytosanitaires peuvent par ailleurs s'accumuler dans les tissus des organismes aquatiques. Cela peut entraîner des effets toxiques chroniques et, en se déplaçant dans la chaîne alimentaire, affecter les prédateurs qui consomment ces organismes, y compris les oiseaux et les mammifères. Certains produits phytosanitaires peuvent également agir comme des perturbateurs endocriniens, affectant le système hormonal des organismes aquatiques. Cela peut entraîner des problèmes de reproduction, des anomalies de développement et des modifications comportementales chez les poissons et autres animaux.

Les herbicides peuvent tuer des plantes aquatiques et riveraines essentielles à la structure de l'habitat. La perte de végétation peut entraîner l'érosion des berges, la sédimentation et la destruction des habitats nécessaires pour de nombreux organismes aquatiques.

Enfin, les transferts de **médicaments** dans les eaux superficielles, via les rejets d'eaux usées domestiques, ont également des impacts significatifs sur la faune et le milieu aquatique. De nombreux médicaments sont biologiquement actifs à faibles concentrations. Ils peuvent être toxiques pour une large gamme d'organismes aquatiques, y compris les poissons, les invertébrés et les algues.

Les effets peuvent inclure des dommages aux organes, des altérations comportementales et des décès. Certains médicaments, tels que les hormones utilisées dans les contraceptifs, peuvent perturber les systèmes hormonaux des organismes aquatiques. Cela peut entraîner des anomalies de reproduction, telles que la féminisation des poissons mâles, des problèmes de fertilité et des modifications du comportement de reproduction.

Les résidus d'antibiotiques dans les eaux peuvent favoriser le développement de bactéries résistantes aux antibiotiques. Ces bactéries résistantes peuvent se propager dans l'environnement et représenter un risque pour la santé humaine et animale en réduisant l'efficacité des traitements antibiotiques. Même à des concentrations non mortelles, les médicaments peuvent affecter la physiologie et le comportement des organismes aquatiques.

Par exemple, des médicaments anti-inflammatoires peuvent altérer le système immunitaire des poissons, les rendant plus vulnérables aux maladies.

De nombreux médicaments sont conçus pour être résistants à la dégradation, ce qui signifie qu'ils peuvent persister dans l'environnement pendant de longues périodes et se déplacer sur de longues distances via les cours d'eau. Cela élargit leur impact géographique et temporel.

Le déversement de nutriments, de produits phytosanitaires, de médicaments et de toutes autres substances dans les eaux superficielles peut avoir des effets néfastes sur la qualité de l'eau, la biodiversité aquatique et la santé des écosystèmes aquatiques.

Ces impacts soulignent la nécessité de mettre en place des mesures de prévention pour limiter l'introduction de ces substances dans l'environnement.



Mesures de prévention

La mise en œuvre de mesures de prévention adaptées à chaque type de pollution est essentielle pour assurer la protection et la restauration des cours d'eau.

Pollutions chroniques

La prévention de la pollution chronique nécessite souvent des efforts à long terme, tels que l'amélioration d'infrastructures d'évacuation et de traitement des eaux, incluant la mise en œuvre de technologies renforcées de traitement des eaux usées et les bonnes pratiques de gestion des eaux dans l'agriculture

Pollutions ponctuelles

La sensibilisation est un élément clé pour réduire le nombre d'incidents de pollution. Il est en effet nécessaire d'informer les citoyen-ne-s sur les pratiques respectueuses de l'environnement. Le niveau de connaissance de la population quant aux impacts des pollutions et aux mesures de prévention étant souvent insuffisant.

La surveillance continue de la qualité de l'eau reste par ailleurs essentielle pour déceler les sources de pollutions chroniques ou ponctuelles. Le réseau existant de surveillance de la qualité des cours d'eau du canton est constitué de multiples stations de prélèvement réparties stratégiquement dans l'ensemble du réseau hydrographique du canton.

Il est prévu d'analyser et développer le réseau en fonction de l'évolution possible ou attendue des risques de pollution à moyen et long terme, notamment en lien avec les changements climatiques.

Plusieurs mesures, ancrées dans le Plan sectoriel de protection de la qualité des eaux (PSEaux-P), visent à réduire les occurrences de pollutions chroniques et ponctuelles, préserver la qualité de l'eau et assurer la durabilité des écosystèmes aquatiques.

Liens utiles

Police Faune-nature¹² du Canton de Vaud.



Sous chaque grille se cache une rivière¹², Campagne ASGP.

Plus de 500 conseils pratiques¹² pour économiser l'énergie et préserver l'environnement.



Déversement dans un affluent de la Broye

TEMPÉRATURES

Températures des cours d'eau : une situation préoccupante

La température de l'eau des rivières est principalement influencée par les conditions atmosphériques (radiation, humidité, vent, température de l'air), la végétation des berges, les apports phréatiques et le débit du cours d'eau. Les débits et les températures de l'air étant impactés par les changements climatiques, les cours d'eau connaissent une hausse significative ces dernières décennies.

Parmi les plus impactés, les cours d'eau situés à basse altitude, notamment ceux du Plateau, ont vu leur température moyenne augmenter de 2°C depuis les années 1960 (Schindler Wildhaber et al., 2022).

A cette échelle, la température des cours d'eau a une incidence d'un point de vue environnemental et socio-économique, impactant certains processus chimiques et biologiques et conditionnant la croissance et la survie d'organismes (Caissie, 2006).

Le National Centre for Climate Services (NCCS) a fait des projections climatiques à l'horizon 2100, selon deux scénarios d'émission de CO₂ : RCP 8.5, le plus pessimiste, et RCP 2.6, le plus optimiste (voir encadré).

C'est dans ce contexte qu'une étude de modélisation (Sauvin & Steiger, 2023) a été menée pour prévoir l'évolution future de la température de douze stations où la température est suivie depuis 2010. Les principaux résultats de cette étude sont présentés ci-après.

Les résultats prévoient des augmentations moyennes de la température de l'eau jusqu'à 4°C à l'horizon 2100 selon le scénario climatique le plus pessimiste.

Scénarios climatiques à l'horizon 2100 selon le National Centre for Climate Services (NCCS) [☞]

Scénario	Caractéristiques	Conséquences
RCP 2.6	Des mesures d'atténuation des changements climatiques sont prises. Une baisse immédiate des émissions entraîne un arrêt de la hausse des gaz à effet de serre dans l'atmosphère d'ici 20 ans environ.	Réchauffement global maintenu en dessous de +2° C
RCP 8.5	Aucune mesure d'atténuation des changements climatiques n'est prise. Les émissions de gaz à effet de serre sont en constante augmentation.	Réchauffement global de +4 à 5° C

Les RCP (Representative Concentration Pathways) sont la dernière génération des scénarios d'émissions de gaz à effet de serre et d'aérosols, établis en fonction des émissions humaines projetées.



Figure Températures 1 : Localisation des 80 stations de suivi des températures des rivières du canton (par dataloggers), ainsi que le choix des 12 stations retenues dans le cadre de l'étude.

Une situation actuelle déjà critique

L'étude montre que parmi les douze stations étudiées, celles de la basse Broye, du Nozon et du Talent voient la température de leurs eaux dépasser, presque chaque année, les 25°C (Figure 2). Cette limite de 25°C, bien qu'ayant un statut légal dans l'OEaux, est létale pour de nombreux organismes aquatiques dont la truite de rivière, un poisson classé en danger en Suisse.

Mis à part certains secteurs de la basse Broye ou de la basse Venoge qui ne sont pas représentatifs de zones à truites, la plupart des cours d'eau du canton sont sensés permettre la survie de cette espèce pour laquelle les préférences thermiques sont comprises entre 7 et 15°C.

Les résultats de l'étude montrent cependant que, actuellement, la majorité des cours d'eau voient leurs températures dépasser les 15°C pendant plus de 50 jours par an sur les stations étudiées.

Seules l'Orbe (en aval de Vallorbe) et la Sarine les dépassent seulement de quelques jours. La Grande Eau, quant à elle, ne semble pas concernée par le dépassement des 15°C.

Des prédictions inquiétantes

Selon la modélisation, si l'on utilise le scénario RCP 8.5, les cours d'eau présentant déjà des températures de l'eau relativement élevées, comme la Broye, le Nozon et le Talent, devraient presque systématiquement dépasser les 25°C pendant plusieurs jours par an d'ici 2030–2040 (Figure 3). A la fin du siècle, les températures de ces cours d'eau dépasseront les 25°C durant les deux mois les plus chauds de l'année.

D'un point de vue plus général et par rapport à la situation actuelle déjà critique pour la faune typique des eaux froides, les températures moyennes des cours d'eau augmenteraient d'environ 0.5 à 3°C d'ici 2030–2040 (RCP 2.6 et 8.5 confondus) et d'environ 1.5 à 4 °C à l'horizon 2100 (RCP 8.5 uniquement).

Ces trajectoires suivent les prédictions thermiques de nombreux cours d'eau suisses (Michel et al. 2021) et européens (Chazot et al., 2012).

Dans le contexte du scénario climatique le plus pessimiste (RCP 8.5) et à partir des prédictions de l'étude, le réchauffement des eaux sera observé tout l'année avec des écarts plus élevés en période estivale (Figure 4).

Cette tendance visera à déclasser la qualité du régime thermique de nombreux cours d'eau, y compris ceux supposés les plus préservés comme la Sarine qui passera d'un bon état actuel à un état au-delà du fortement atteint selon le protocole d'évaluation de la confédération.



Station de suivi de la température des rivières, par datalogger (avec tube de protection)

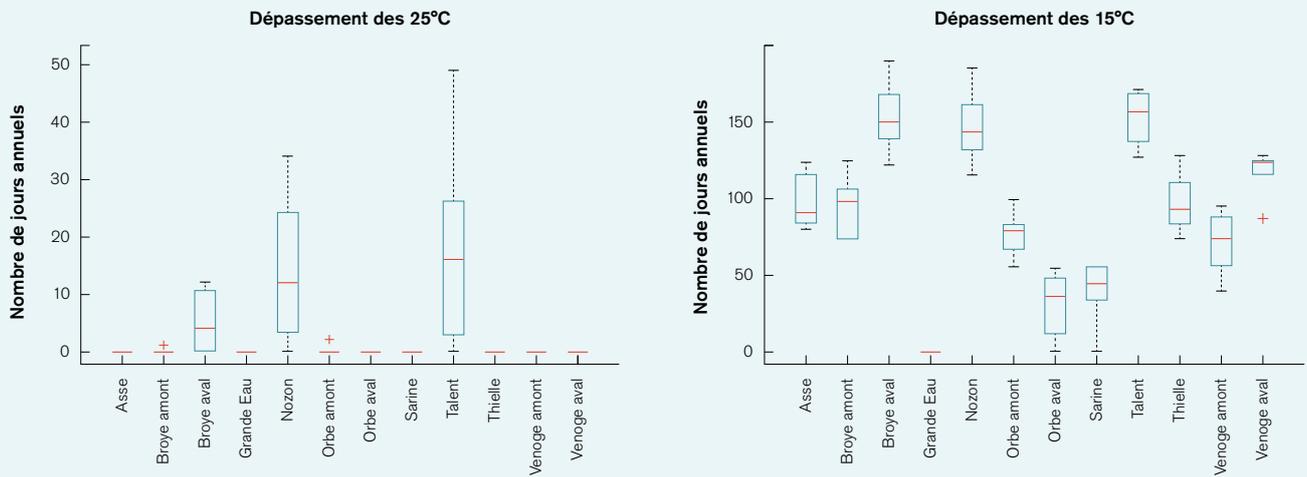


Figure Températures 2 : Nombre de jours annuels de dépassement des 25°C (à gauche) et des 15°C (à droite) sur 12 stations vaudoises pour la période 2010–2022.

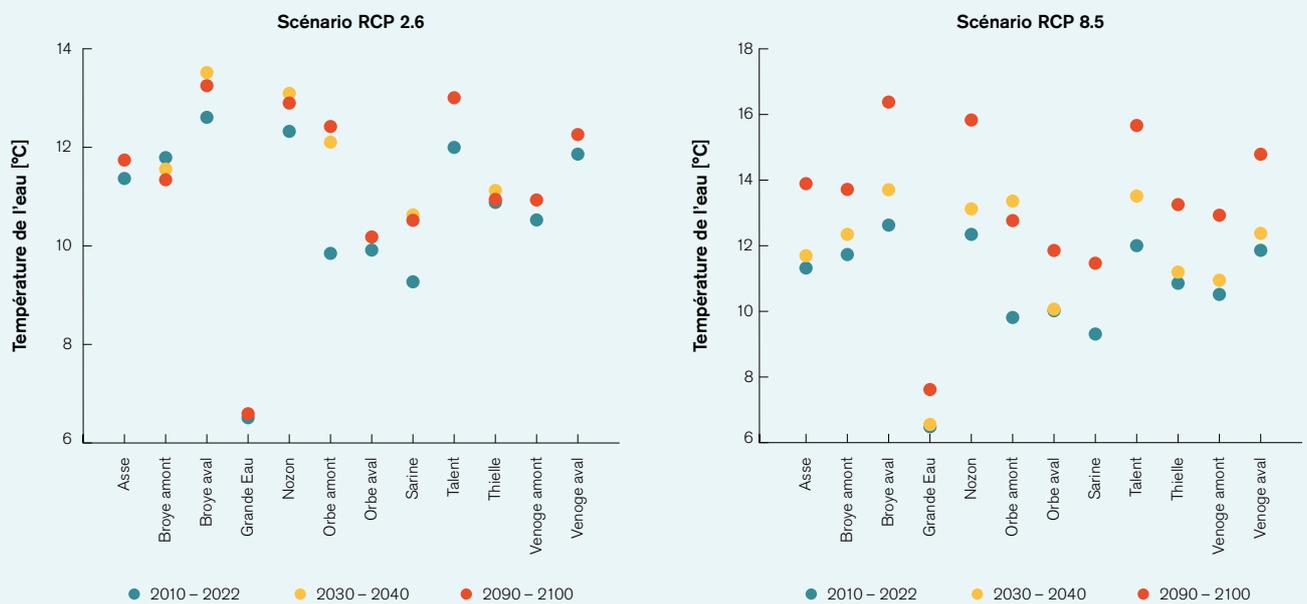


Figure Températures 3 : Centroides des histogrammes des températures de l'eau prédites à partir des scénarios climatiques RCP 2.6 (à gauche) et 8.5 (à droite).

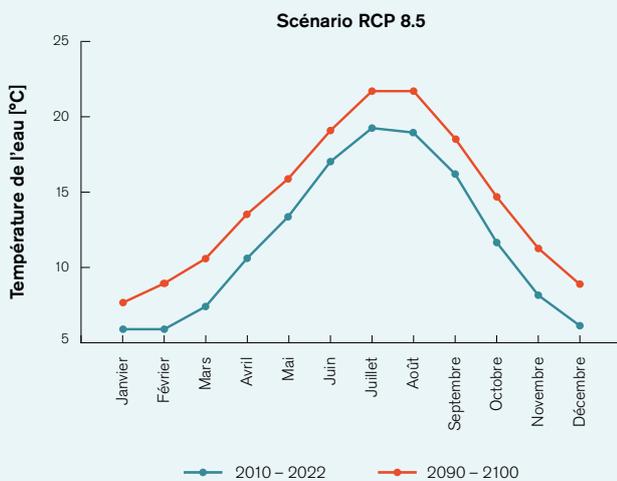


Figure Températures 4 : Évolution des températures moyennes mensuelles du Nozon selon le scénario RCP 8.5.



Figure Températures 5 : Pourcentage de temps avec des régimes thermiques favorables aux cyprinidés (gauche) et aux salmonidés (à droite).

Impacts sur la faune

La majorité de la faune aquatique n'a pas la faculté de réguler sa température corporelle. Chaque espèce possède une plage thermique dans laquelle elle peut s'alimenter et croître de façon optimale. Si les poissons tels que le Barbeau fluviatile ou le Nase (famille des cyprinidés) peuvent tolérer des températures de 24°C, la truite fario et l'ombre commun (famille des salmonidés) tolèrent difficilement le dépassement des 18°C.

Au-dessus de ce seuil, les températures provoquent du stress ou de la mortalité dans l'immédiat et peuvent aboutir à la disparition de populations permanentes. Or, la truite de rivière et l'ombre commun sont deux espèces très répandues dans les rivières du canton de Vaud.

Globalement, les conditions thermiques deviennent progressivement plus favorables aux cyprinidés qu'aux salmonidés. Seuls les cours d'eau alpins comme la Grande Eau et la Sarine pourront être encore propices au développement des espèces de salmonidés à l'horizon 2090-2100.

Progressivement, si la trajectoire mondiale vers le scénario RCP 8.5 est maintenue, les espèces préférant les eaux chaudes coloniseront les milieux aquatiques au détriment de celles préférant les eaux froides.

Les espèces typiques des eaux froides, souvent des indicateurs de milieux en bon état écologique, ne pourront subsister face à des températures trop élevées. Ainsi, le réchauffement des eaux pourra à lui seul avoir un impact négatif sur les indices biologiques de qualité des eaux appliqués en suisse.

Face à cette situation, plusieurs options sont possibles : végétaliser les berges, restaurer les cours d'eau altérés, améliorer la connectivité pour l'accès aux zones refuges et de reproduction et réduire l'utilisation régulière de l'eau à des fins industrielles et agricoles. Les enjeux liés à la température des rivières sont donc des éléments importants à prendre en compte dans la gestion intégrée des eaux à l'échelle du territoire.

Le réchauffement des températures provoque et provoquera un changement des communautés aquatiques.

L'avenir brûlant des rivières vaudoises : la Broye en première ligne

Dans le canton de Vaud, la région de la Broye est identifiée comme particulièrement sensible à l'élévation des températures (Michel et al., 2021), et de ce fait, cette rivière a fait l'objet de projections pour les secteurs de Châtillens (Broye amont) et d'Avenches (Broye aval).

Au niveau des températures de la Broye, selon le scénario RCP 2.6, les températures moyennes mensuelles prévues pour les cent prochaines années ne montrent que peu de différences par rapport aux niveaux actuels.

En revanche, le scénario RCP 8.5 prévoit un réchauffement moyen des eaux d'environ 2.5°C tout au long de l'année dans les deux secteurs étudiés. Les températures maximales pourraient afficher des écarts de 5°C en amont et de 2.5°C en aval de la Broye d'ici 2090–2100 par rapport à aujourd'hui. Cette augmentation progressive correspondrait à une hausse moyenne de 0.25 à 0.5°C par décennie.

Comparé aux données historiques, les projections indiquent que les eaux de la Broye ont déjà subi et continueront de subir un réchauffement significatif.

L'écart moyen entre les températures historiques et actuelles est estimé entre 3 et 5 degrés pendant le printemps et l'été. Ce réchauffement notable a déjà altéré le régime thermique

naturel de la Broye, le rendant particulièrement éloigné d'un régime théorique idéal (tel que défini par le protocole SMG température de Dübendorfer et al. (2011)).

Selon le scénario RCP 8.5, il est prévu que la Broye puisse régulièrement dépasser les 25°C durant les mois les plus chauds. Ces conditions thermiques rendront la Broye moins adaptée à la faune aquatique qui préfère des eaux fraîches et bien oxygénées.

L'augmentation significative des températures estivales observées sur la Broye à Payerne pourrait être attribuée aux transformations morphologiques importantes subies par le cours d'eau au cours des derniers siècles. En aval de Lucens, la Broye a été profondément canalisée et approfondie pour répondre aux besoins hydrauliques urbains et agricoles. De plus, le drainage intensif et les pompages dans la basse plaine de la Broye contribuent à une diminution des débits en été en abaissant la nappe phréatique.

La ripisylve souvent clairsemée et la présence de seuils sur le lit de la rivière aggravent cette situation, réduisant la profondeur de l'eau pendant les périodes d'étiage et favorisant ainsi le réchauffement des eaux. Bien que certains affluents de la basse Broye, comme la Lembe ou le ruisseau de Trey, apportent encore des eaux fraîches (Friedli 2018), la rectification de la plupart des petits affluents comme la Petite Glâne et l'Arbogne aval, ainsi que l'assèchement des zones humides et des anciens méandres de la basse Broye, contribuent également à intensifier le phénomène de réchauffement des eaux.

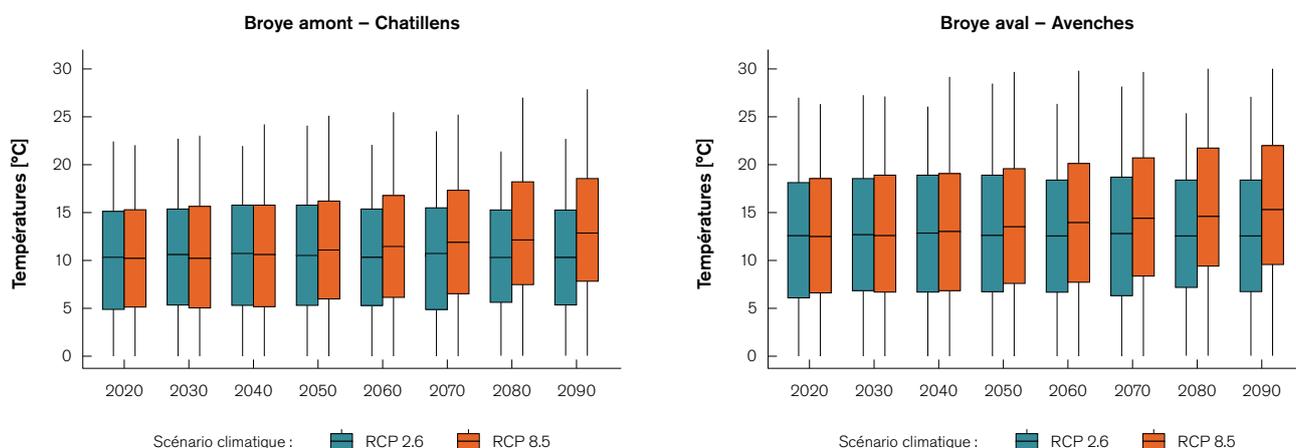


Figure Températures 6 : Projctions de températures pour les secteurs de Châtillens (Broye amont) et d'Avenches (Broye aval) jusqu'en 2100, selon les deux scénarios climatiques RCP 2.6 et RCP 8.5.

Quelles perspectives à court terme ?

Afin de faire face aux changements à venir, il sera utile de renforcer le suivi des températures des rivières vaudoises, en augmentant notamment le nombre de sondes de mesure de la température dans les bassins versants, voire de disposer de systèmes permettant la télétransmission des données avec l'instauration d'un seuil d'alerte pour la faune aquatique.

Le renforcement de la surveillance pourrait également s'appuyer sur l'ajout de la mesure des débits et de l'oxygène dissous.

Dans le cas précis des cours d'eau du canton de Vaud, de nouvelles études seront planifiées afin d'identifier au cas par cas les causes précises d'altération du régime thermique des cours d'eau.

Ces causes d'altération seront des points importants à traiter rapidement pour la protection de nos cours d'eau et de la biodiversité qu'ils abritent.

Pour en savoir plus

Dübendorfer C., Moser D., Kempter T., Egloff L., Müller V., Wanner P., Kirchhofer A. & Baumann P., 2011. *Rapport d'experts en vue d'un module Température pour le système modulaire gradué*. p. 95.

Friedli A., 2018. *L'utilisation d'une nouvelle méthode de diagnostic pour la renaturation de cours d'eau, secteur «La Broye» Moudon-Trey*. Thèse de bachelor de la HES-SO en Gestion de la Nature.

Michel A., Epting J., Schaepli B., Lehning M., & Huwald H., 2021. *Changements climatiques et températures des rivières*. Aqua & Gas, 7/8, 70-77.

Migliore L. & Marle P., 2024. *Diagnostic écologique de la Broye et de ses principaux affluents*. Rapport de la Direction générale de l'environnement – Division Protection des Eaux. 60 p.

BRLi – Irstea – Météo France, 2012. *Hydrologie de surface. B3 – Rapport détaillé DOM*. Rapport final du projet Explore 2070. Ministère de l'Ecologie, Paris. 158 p

Michel, A., Epting, J., Schaepli, B., Lehning, M., & Huwald, H., 2021. *Changements climatiques et températures des rivières*. Aqua & Gas, 7/8, 70-77.

Sauvin, N., & Steiger, N., 2023. *Evolution des températures des cours d'eau vaudois dans un contexte de changement climatique: Évaluation et impacts attendus sur la faune aquatique*.

Schindler Wildhaber, Y., Leu, C., & Kunz, M., 2022. *Eaux Suisse – Etat de mesures*^[2]. Office fédéral de l'environnement OFEV.



MICROPLASTIQUES

Pollutions aux microplastiques : un défi majeur pour les eaux du canton

Issues de l'industrie pétrochimique, les matières plastiques développées dans les années 1920 ont été appliquées à de multiples secteurs. Depuis lors, les quantités de plastiques produites ne diminuent pas : environ 350 millions de tonnes ont été produites dans le monde en 2020 (OCDE, 2020).

Le saviez-vous ?



Au niveau de la Suisse, on estime que chaque année environ 14 000 tonnes de plastiques (macroplastiques et microplastiques) se retrouvent dans l'environnement (OFEV, 2020).

Les plastiques sont fabriqués à partir de nombreux polymères différents tels que le polyéthylène (PE), le polypropylène (PP), le polythéréphtalate d'éthylène (PET) et le polystyrène (PS) et peuvent se retrouver sous différentes formes et dans de très nombreuses applications.

De plus, les plastiques contiennent souvent des additifs, utilisés pour modifier leurs propriétés, tels que des pigments pour les colorer, des assouplissants pour modifier la rigidité, des antioxydants, ou encore des retardateurs de flamme.

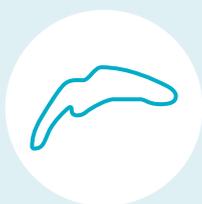
Les microplastiques qui dérivent de ces plastiques sont notamment caractérisés par leur petite taille (Figure 1) de moins de cinq millimètres (5 mm) jusqu'à environ un micromètre (1 μ m).

Les microplastiques en chiffres



150 mio t

de microplastiques
flottent
dans les océans



50 t

de plastiques s'accumulent
sur les rives du Léman
chaque année



450 ans

c'est la durée de vie
approximative
d'un sac plastique
dans l'environnement

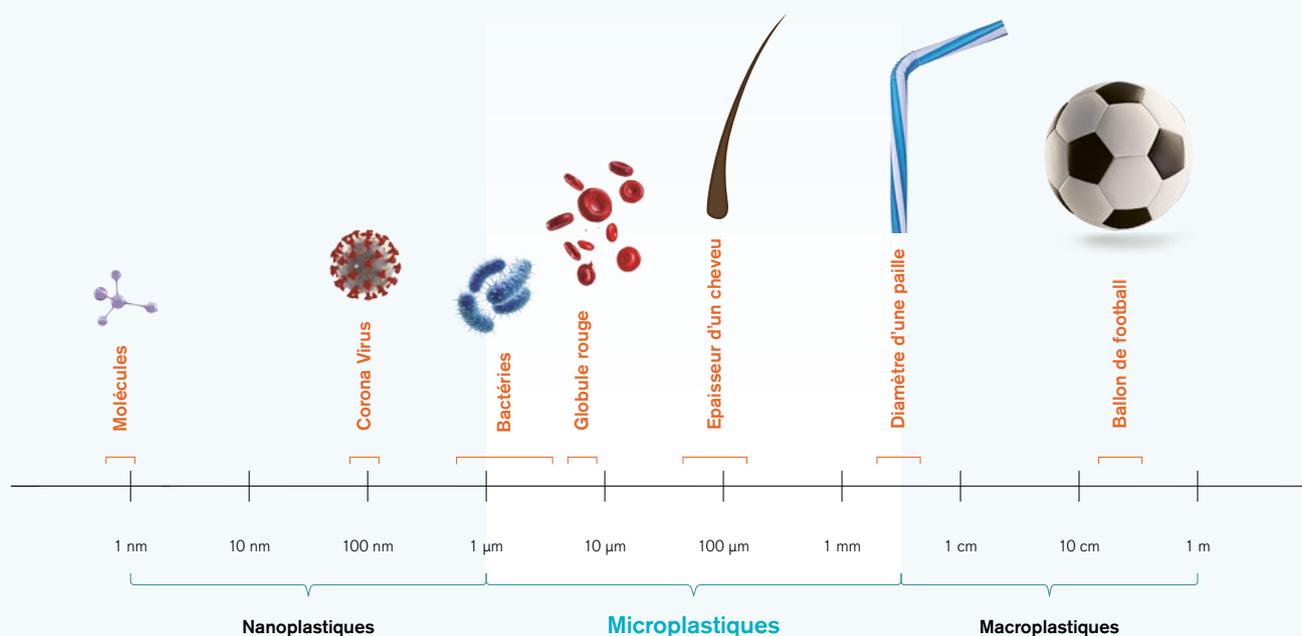


Figure Microplastiques 1 : Echelle de taille des macroplastiques, microplastiques et nanoplastiques avec exemples de représentation.

Les sources de microplastiques dans les eaux superficielles : les STEP retiennent les microplastiques tandis que les pneus représentent un apport important

Les sources de microplastiques comprennent entre autres l'abrasion des pneus sur le bitume, le lavage des fibres de vêtements synthétiques, les produits cosmétiques, la fragmentation des plastiques due au littering ou encore d'autres sources provenant des chantiers de construction et de l'agriculture (Kye et al., 2023; Li et al., 2020; Gossmann et al., 2023).

Une étude préliminaire de la Direction générale de l'environnement (DGE) a examiné les différents types de microplastiques et leur occurrence dans les eaux, analysant les rejets de stations d'épuration, les rejets routiers et les eaux de rivière.

L'analyse des microplastiques conventionnels (hors abrasion de pneus) effectuée par microscopie-FTIR (FTIR: spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier) montre des teneurs de l'ordre de 2 particules par litre pour les rivières à environ 80 particules par litre pour un rejet de station d'épuration (Figure 2).

Ces résultats correspondent à des résultats similaires obtenus dans des études effectuées en Suisse comme celle de l'Office des déchets, de l'eau, de l'énergie et de l'air du Canton de Zürich (AWEL; Cabernard et al., 2016) qui montre que globalement les stations d'épuration retiennent relativement bien les microplastiques conventionnels.

La seconde partie de l'étude a été réalisée spécifiquement sur l'abrasion des pneus. Des analyses ont été effectuées par microscopie électronique à balayage pour déterminer la quantité de particules d'abrasions de pneus (TRWP, Tire Road Wear Particles) dans un rejet routier lors d'un évènement pluvieux et dans la rivière (la Promenthouse) réceptrice au même moment (Figure 3).

Les fortes quantités de particules (plusieurs dizaines de millions) et les concentrations élevées (plusieurs dizaines de milligrammes par litre) mettent en lumière que l'abrasion des pneus est une thématique importante concernant la présence de microplastiques dans les eaux superficielles. De plus, selon une étude de l'OFEV (2020), 1'800 tonnes de particules de microplastiques purs provenant des pneus sont rejetées dans les eaux de surface suisses chaque année. Pour la Suisse, l'abrasion des pneus représente la majorité des microplastiques rejetés dans l'environnement (environ 90%; EMPA, 2024). Cependant, cette estimation se base sur des données de 1970, il serait donc nécessaire d'actualiser ces données.

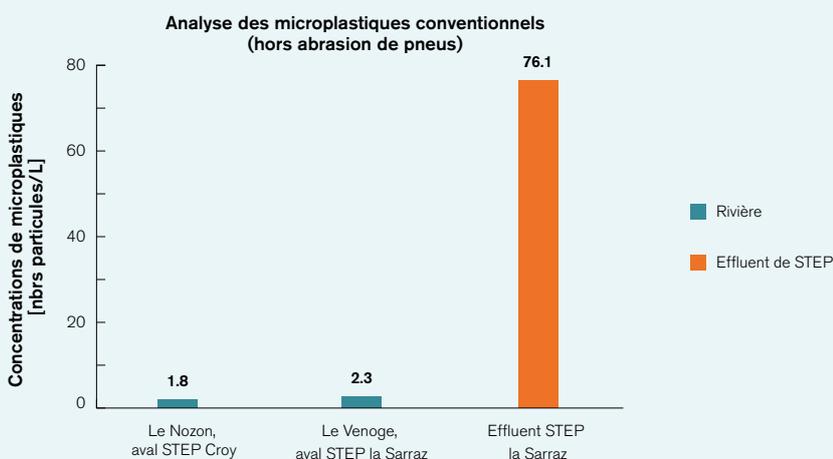


Figure Microplastiques 2: Analyse des microplastiques usuels (hors abrasion de pneus) dans les eaux de rivière et dans un rejet de station d'épuration avec une limite de taille fixée entre 50 µm et 1 mm.



Prélèvement d'un rejet routier sur la Promenthouse

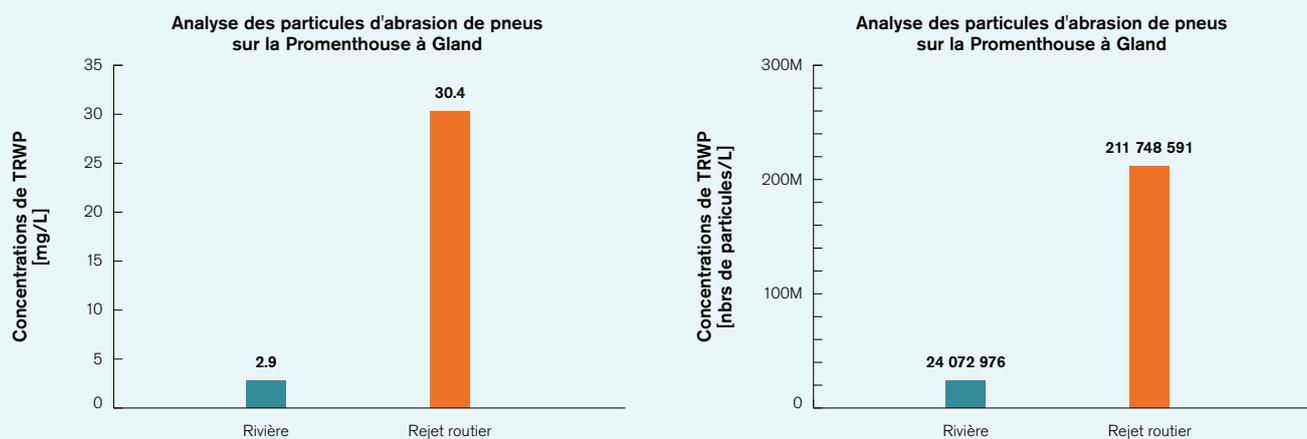


Figure Microplastiques 3 : Analyse d'un rejet routier sur la Promenthouse à Gland, ainsi que dans la rivière lors d'un événement pluvieux. Le premier graphique montre la concentration en masse par litre et le deuxième en nombre de particules par litre de TRWP allant de 2 à 125 μm .

L'abrasion des pneus et les additifs dans les pneus : une problématique aiguë pour la qualité des eaux

L'un des défis posés par les plastiques, y compris les particules de pneus, est qu'ils nécessitent des dizaines voire des centaines d'années pour se décomposer dans l'environnement.

Cependant, étant donné que le trafic routier ne diminue pas selon l'OFS (2022)¹, l'abrasion des pneus et le lessivage des routes par la pluie contribuent à une accumulation de ces particules dans les rivières et les lacs.

Plusieurs études suggèrent que l'abrasion des pneus dépend notamment du trafic journalier sur la route et des conditions météorologiques (température, humidité).

Il existe également d'autres facteurs liés aux véhicules utilisés comme le poids, l'âge et l'utilisation (accélération, freinage, type d'asphalte, etc.), mais également des facteurs liés à l'infrastructure routière (zone de freinage, accélération ; Andersson-Sköld et al., 2020).

¹ Notons que la population suisse augmente également, expliquant cette observation.

Mais de quoi est composée une particule de pneu ?

Dans l'environnement, les résidus d'abrasion de pneu (TRWP, Tire Road Wear Particles) ne sont pas uniquement composés de pneu, mais d'un mélange d'asphalte de la route et de caoutchouc de pneu à hauteur d'environ 50% chacun (Hartmann et al., 2019).

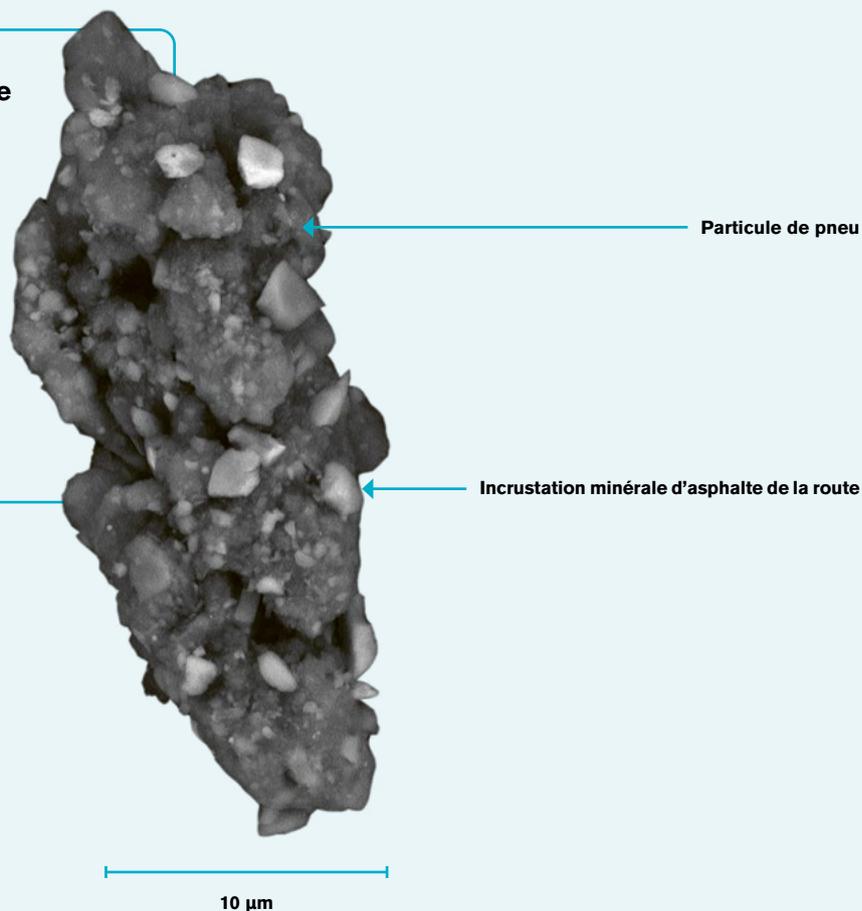


Figure Microplastiques 4 : Image par microscopie électronique à balayage d'une particule d'abrasion de pneu.

Source : Particle Vision GmbH à Fribourg.



Rejets dans le Talent, Montheron

Le saviez-vous ?



Pour déterminer la toxicité d'une substance chimique dans l'environnement, des tests sont effectués en laboratoire, qui permettent de déterminer la concentration de la substance susceptible d'entraîner la mort de 50 % des animaux testés (DL50 : dose létale médiane).

Les pneus contiennent également des additifs qui peuvent être toxiques pour certains organismes aquatiques et qui sont susceptibles d'atteindre les rivières et donc de les contaminer.

Un additif, la 6PDD-quinone, utilisée comme stabilisateur dans les caoutchoucs, présente des effets toxiques importants, entre autres pour le saumon coho (poisson océanique, non présent en Suisse) à des concentrations très faibles (DL50 dans le milieu aquatique : 95 ng/L ; Tian et al., 2022) et la truite arc-en-ciel juvénile (DL50 dans le milieu aquatique : 650 ng/L ; Nair et al., 2023).

La truite arc-en-ciel est une espèce introduite, mais restreinte², présente dans certains petits lacs et étangs du canton de Vaud (DGE Biodiversité et paysage, 2021).

Au vu des différents paramètres pouvant influencer les abrasions de pneus, une campagne a été effectuée en étudiant différents rejets routiers sur le territoire cantonal. Les rejets se situent sur six cours d'eau et un lac à travers le canton (le Boiron, la Venoge, la Promenthouse, le Grenet, le Talent et le Lac de Bret ; Figure 5).

Les rejets ont également été sélectionnés avec une grande variabilité du trafic journalier moyen (TJM), afin d'étudier des routes aux fréquentations diverses et en fonction de la cartographie disponible du rejet.

Au total, 11 prélèvements ont été réalisés sur des rejets routiers par temps pluvieux en automne 2023. Dans ces échantillons, la concentration de 6PPD-quinone et l'analyse de particules de pneu (TRWP) ont été réalisées grâce à la collaboration du laboratoire de l'Office cantonal de l'eau (OCEau) du Canton de Genève et de l'entreprise *Particle Vision GmbH*² à Fribourg.

² Par l'ordonnance relative à la loi fédérale sur la pêche (OLFP).

Des kilos d'abrasion de pneu se retrouvent dans les rivières

Les concentrations de résidus de pneu (TRWP) dans les rejets routiers se déversant dans une rivière sont représentées sur une carte (Figure 5) et résumées dans le Tableau 1.

Les concentrations de particules de pneus ont des valeurs maximales observées dans la Venoge à Bussigny d'environ 30 mg/L pour un trafic journalier de 20 000 véhicules par jour et dans le Boiron à Tolochez d'environ 20 mg/L pour un trafic journalier de 17 000 véhicules par jour.

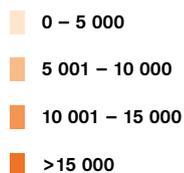
De plus, au niveau du site de Tolochez sur le Boiron, la mesure du débit lors du prélèvement a permis de déterminer un débit massique d'environ 200 g de particules de pneu par heures.

Par extrapolation, il est possible d'estimer que l'équivalent d'un pneu de 9 kg se déverserait dans le Boiron en quatre jours en cas de précipitations continues.

Étant donné que, selon la littérature, les camions génèrent environ six fois plus de particules de pneus que les voitures, les TJM ont été ajustés dans cette synthèse pour intégrer la contribution plus importante des poids lourds.



Trafic journalier moyen
(Véhicules/jours) :



TRWP
(mg/L) :

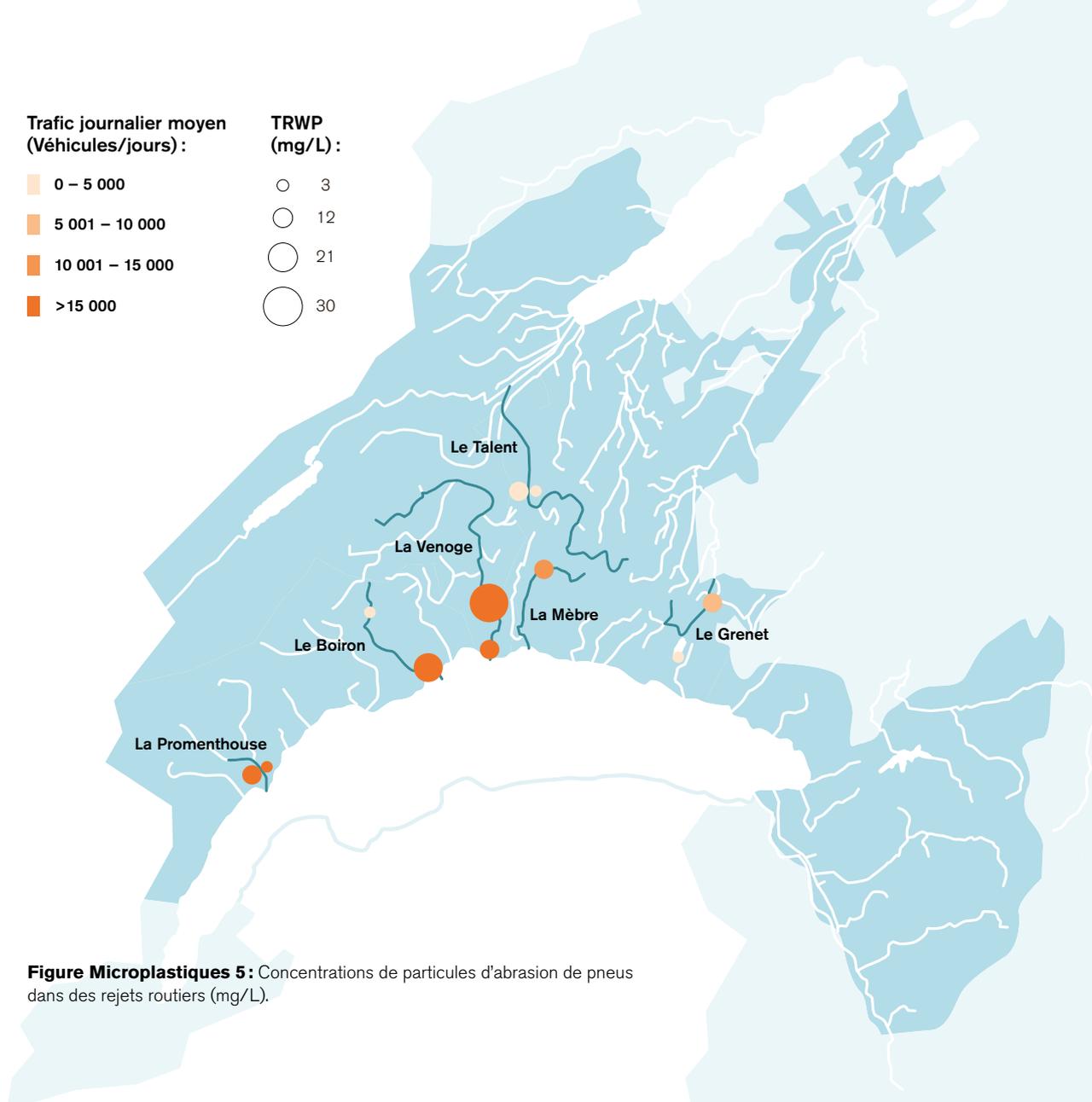


Figure Microplastiques 5 : Concentrations de particules d'abrasion de pneus dans des rejets routiers (mg/L).

Lieux de déversement des rejets routiers (milieux récepteurs)	Concentration de TRWP [Nb/L]	Concentration de TRWP [mg/L]	Débit massique de TRWP [g/heure]
Le Boiron , Ballens	6 828 999	2,8	4
Le Boiron , Tolothenaz	75 320 507	19,8	204
Le Talent , Oulens-Sous-Echallens, rive gauche	23 240 330	11,6	5
Le Talent , Oulens-Sous-Echallens, rive droite	16 635 796	5,2	9
Le Grenet , Route des Tavernes	13 379 130	7,3	79
La Promenthouse , Route de Lausanne, rive droite	21 781 227	7,2	6
La Promenthouse , Route de Lausanne, rive gauche	35 010 053	11,2	28
Lac de Bret , Route de Forel	16 024 547	6,0	32
La Mère , Cheseaux-sur-Lausanne	28 632 663	10,9	7
La Venoge , St-Sulpice	35 814 100	8,2	3
La Venoge , Bussigny	123 913 946	29,8	4

Tableau Microplastiques 1 : Concentration de résidus d'abrasion de pneus (TRWP allant de 2 à 125µm) en nombre par litre (Nb/L) et en milligramme par litre (mg/L) dans les différents rejets routiers analysés par Particle Vision GmbH (selon Rausch et al., 2022). Les débits massiques en gramme par heure ont également été calculés à partir des débits mesurés sur chaque site.

Des concentrations problématiques pour les salmonidés

Les concentrations de 6PPD-Quinone mettent en évidence des dépassements de la DL50 du saumon coho (Figure 6) dans 10 des 11 prélèvements routiers (espèce non présente en Suisse).

Concernant la truite arc-en-ciel présente dans certains petits lacs et étangs du canton, les concentrations sur l'ensemble des rejets routiers analysés restent en dessous de la DL50 pour les juvéniles.

La toxicité d'une molécule étant dépendante de l'espèce concernée, une toxicité à proprement parler n'est pas mesurable directement. Cependant, au vu des résultats obtenus dans les rejets routiers, les concentrations de 6PPD-quinone pourraient s'avérer toxiques pour certaines espèces.

Une analyse de la concentration de la 6PPD-quinone dans les milieux récepteurs couplée à une analyse écotoxicologique complémentaire serait à envisager pour évaluer l'impact réel de cette molécule sur la faune locale.



Figure Microplastiques 6 : Concentrations de 6-PPD-quinone analysées par l'Office cantonal de l'eau de Genève (OCEau) en nanogrammes par litre (ng/L) dans les eaux de onze rejets routiers. La dose létale médiane du saumon coho (95 ng/L) et de la truite arc-en-ciel juvénile (650 ng/L) sont illustrées à titre indicatif¹.

¹ Les données pour les espèces de poissons helvétiques vivant en rivière ne sont pas connues à l'heure actuelle. A noter également que les mesures de 6PPD-quinone sont réalisées dans des rejets routiers et non dans le milieu récepteur final (rivière ou lac) où la faune est présente. Les teneurs en 6PPD-quinone seront donc plus faibles dans le milieu récepteur dû à l'effet de dilution avec les eaux du milieu.

Quelles sont les perspectives au niveau cantonal ?

La thématique des microplastiques étant vaste, de nombreux points restent encore à approfondir. Il est donc nécessaire de poursuivre les investigations concernant cette problématique pour déterminer les sources principales de transfert de microplastiques vers les milieux aquatiques, les risques éco-toxicologiques qu'ils représentent et ainsi pouvoir agir à la source du problème.

Par ailleurs, la DGE et la Direction générale de la mobilité et des routes (DGMR) ont collaboré pour élaborer un Plan de gestion des eaux de chaussées. La DGMR respecte les directives et normes en vigueur lors de l'élaboration de ses projets, en partenariat avec la DGE. Ensemble, ces deux directions ont mis en place un outil de gestion visant à planifier à long terme, en tenant compte de l'ensemble du territoire vaudois, la conformité des routes cantonales avec la directive du VSA intitulée « Gestion des eaux urbaines par temps de pluie » de 2019, ainsi que la norme routière VSS 40 361 sur les installations de traitement, également de 2019.

En prenant en compte l'ensemble des routes cantonales situées en localité (gérées par les communes) et hors localité (gérées

par le Canton), une analyse approfondie des 2'130 kilomètres de chaussées a permis d'identifier les tronçons les plus sensibles en matière de pollution, ainsi que ceux ayant le plus grand impact selon les débits, les types et les lieux de rejet dans le milieu naturel (nappe, lac ou cours d'eau).

Par conséquent, la DGMR a déjà engagé des investissements significatifs et en prévoit d'autres pour le traitement des eaux des chaussées cantonales. Ces mesures contribueront à renforcer la protection des eaux superficielles et souterraines.

En vue de mieux cerner cette problématique sur les microplastiques, le Canton poursuit des investigations, notamment sur :

- les rejets routiers, dans le but de mieux estimer le flux total de microplastiques liés aux abrasions de pneus afin de cibler les rejets prioritaires.
- l'efficacité des différentes techniques de traitement des eaux de chaussées.
- le stockage de ces particules non dégradables dans les sédiments.
- les additifs de type micropolluants liés aux microplastiques et pouvant générer un potentiel risque d'écotoxicité.

Pour en savoir plus

Andersson-Sköld et al., 2020. *Microplastics from tyre and road wear A literature review*^[2].

Cabernard et al., 2016. *Mikroplastik in Abwasser U. Gewässern*. Aqua & Gas, 7/8, 2016.

Direction générale de l'environnement – Biodiversité et paysage, 2021. *Statistiques de pêche, Rivières analyses de 2021, Evolution des captures et du repeuplement*.

EMPA, 13 février 2024. *Les pneus des véhicules, source de microplastiques*^[2].

Goßmann et al., 2023. *Occurrence and backtracking of microplastic mass loads including tire wear particles in northern Atlantic air*^[2]. Nature Communications.

Hartmann et al., 2019. *Are We Speaking the Same Language? Recommendations for a Definition and Categorization Framework for Plastic Debris*^[2].

Kye et al., 2023. *Microplastics in water systems: A review of their impacts on the environment and their potential hazards*^[2].

Li et al., 2020. *Microplastics in surface water and sediments of Chongming Island in the Yangtze Estuary, China*^[2].

Nair et al., 2023. *Synthesis and Toxicity Evaluation of Tire Rubber-Derived Quinones*^[2].

OFEV, 2020. *Le plastique dans l'environnement Suisse, Etat des connaissances sur les impacts environnementaux des plastiques (micro-macroplastiques)*.

OECD (Organisation de coopération et de développement économiques). *2020 Rapport Global Plastics Outlook, Economic Drivers, Environmental impacts and policy options*.

OFS, Office fédérale de la statistique, 2022. Excel « *Trafic quotidien moyen des véhicules à moteur sur certains axes routiers, Vaud, depuis 1985* ».

Rausch et al., 2022. *Automated identification and quantification of tire wear particles (TWP) in airborne dust: SEM/EDX single particle analysis coupled to a machine learning classifier*^[2].

Tian et al., 2022. *6PPD-Quinone: Revised Toxicity Assessment and Quantification with a Commercial Standard*^[2]. Environmental Science & Technology Letters 2022.

RENATURATION DES COURS D'EAU

Renaturation des cours d'eau

L'écomorphologie des cours d'eau varie du cours d'eau naturel, bien préservé, à la cunette en béton, artificielle et totalement stérile. Les rivières ont en effet parfois été canalisées (21 % du réseau hydrologique vaudois), limitant ainsi leurs fonctions naturelles.

Cependant, grâce aux efforts de renaturation mis en place dès 2010 dans le canton de Vaud, plusieurs tronçons ont été restaurés ou remis à ciel ouvert.

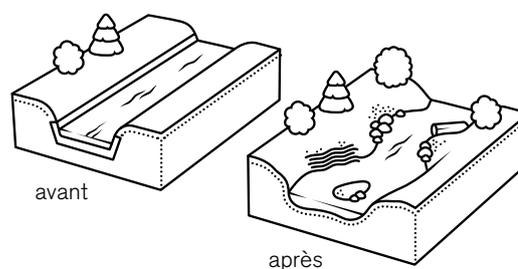
Les travaux de renaturation consistent à redonner à un cours d'eau artificiel des caractéristiques proches de son état naturel en restaurant au mieux sa dynamique et son fonctionnement écologique.

Ils comprennent deux types principaux d'interventions :

Elargissement

Un cours d'eau élargi retrouve une dynamique naturelle créant des rives inondables et des milieux aquatiques plus diversifiés, donc plus favorables à la faune et à la flore.

Décanalisés, les cours d'eau peuvent ainsi s'écouler dans un tracé naturel, qui peut mieux absorber les fluctuations rapides du niveau d'eau.





Grand Canal, après renaturation

Remise à ciel ouvert

L'enterrement de très nombreux tronçons de rivières et ruisseaux a été une pratique courante en Suisse principalement pour des raisons économiques et sécuritaires. Actuellement, les collecteurs enterrés sont parfois en mauvais état et ne permettent plus d'assurer le passage de l'eau. Un cours d'eau à ciel ouvert garantit le transit de l'eau, tout en remplissant un rôle d'amélioration de la biodiversité locale.

Les remises à ciel ouvert font apparaître à la surface un réseau hydrographique qui diversifie le paysage. Ces nouveaux cours d'eau remplissent une fonction importante de corridor écologique permettant des déplacements de la faune terrestre et des populations piscicoles, qui pourront par exemple accéder aux affluents plus frais ou calmes en cas d'étiage ou de crue.

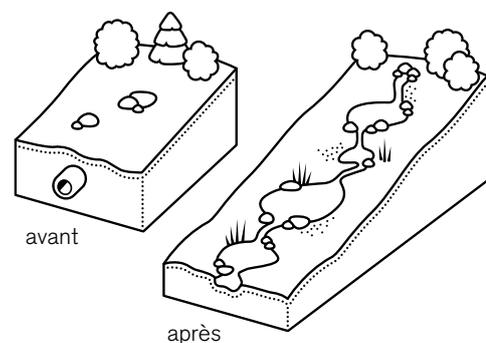
En donnant plus de place au cours d'eau, la protection contre les inondations est améliorée, la biodiversité augmente et la population se réapproprie des lieux de détente. Après les travaux de renaturation, les berges aménagées avec des structures naturelles contribuent également à améliorer le processus d'épuration de l'eau.

Au cours des prochaines années, les projets de renaturation devront intégrer les contraintes liées aux changements climatiques, qui vont conduire les rivières à devoir évacuer des pointes de crues plus importantes et faire face à des périodes de sécheresse plus marquées.

En termes d'aménagement de cours d'eau, l'espace du lit majeur doit être suffisant pour des crues importantes et en même temps bien structuré pour garantir le maintien de la vie aquatique en période de très faible débit estival.

Dans la majorité des cas, le Canton accorde une subvention aux communes qui jouent le rôle de Maître d'œuvre des projets de renaturation. Les subventions peuvent atteindre jusqu'à 95 % de l'ensemble des frais (études, acquisitions foncières et travaux).

Sur les tronçons corrigés, à charge d'entretien du Canton, ce dernier pilote les études et les travaux. C'est le cas sur le secteur de l'Arnon à la hauteur de Fiez. Des travaux de renaturation sont prévus sur environ 1 km et ont pour but de redonner de l'espace au cours d'eau et de redynamiser la zone alluviale. Différents plans d'eau sont également prévus en forêt pour favoriser les batraciens.



La renaturation dans le canton de Vaud en quelques chiffres



100 projets

réalisés depuis 2010,
dont 30 intégrant un programme
de suivi d'efficacité



42 km

de cours d'eau revitalisés,
dont **20 km** entre 2018 à 2022

80



16,4 km

de cours d'eau
élargis



4,3 km

de cours d'eau
remis à ciel ouvert



200

passes à poissons
aménagées



Le Bey, après renaturation

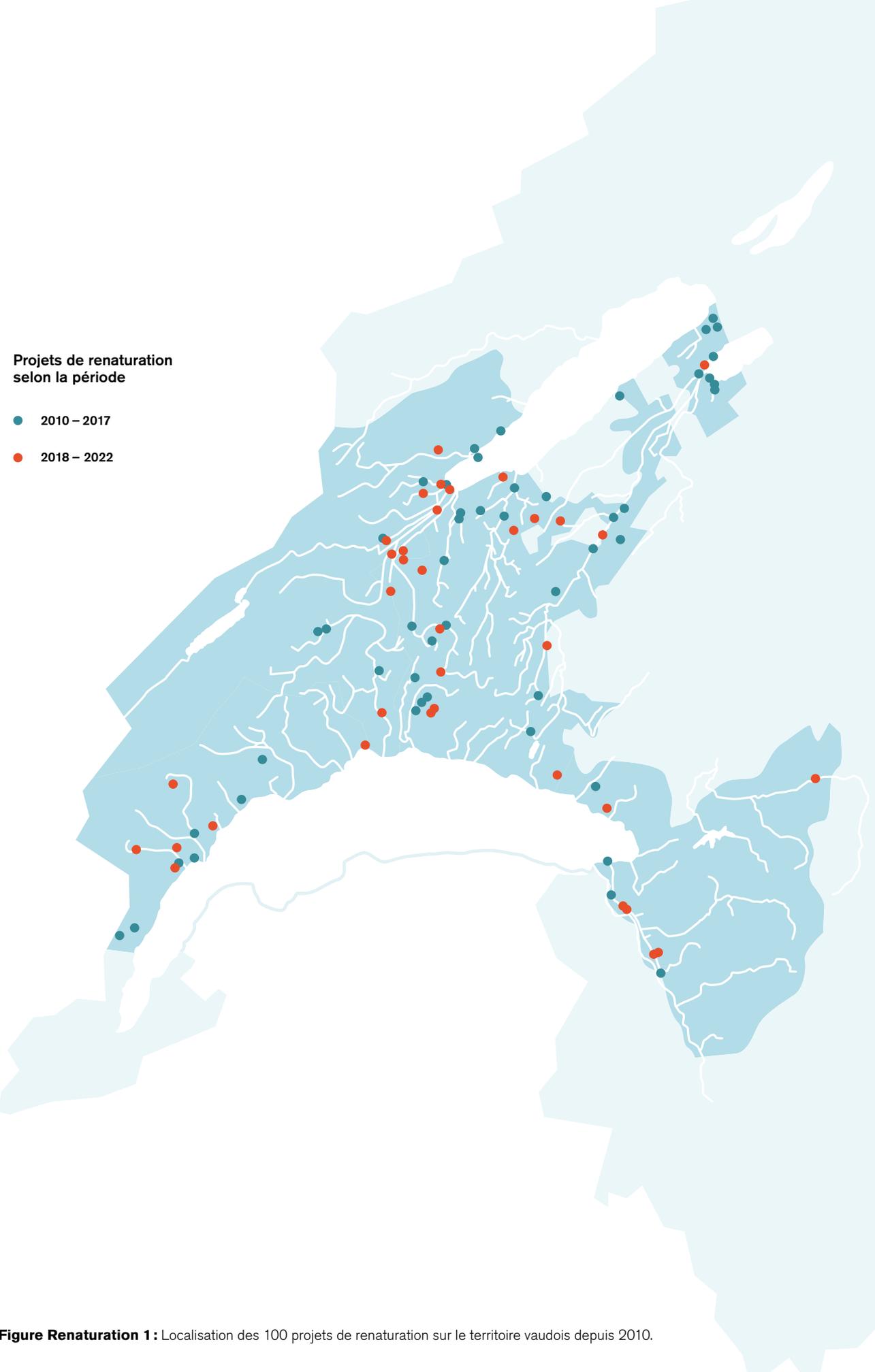


Figure Renaturation 1 : Localisation des 100 projets de renaturation sur le territoire vaudois depuis 2010.

Trois exemples de renaturations

La Thielle

Les abords de la Thielle, en périphérie d'Yverdon, subissaient régulièrement des inondations lors de crues. Ces dernières étaient dues à un déficit de capacité du chenal et à la structure perméable des digues existantes.

Le chantier de renaturation, réalisé entre 2018 et 2020, représente un bel exemple de gestion intégrée des eaux, conciliant renaturation, protection contre les crues, besoins agricoles et loisirs. Le tronçon de près de 2 km, qui a été revitalisé, montre qu'il est possible de renforcer la protection contre les crues en redonnant un espace de liberté à la nature. Le nouveau cours d'eau peut maintenant méandrer librement, interagir avec son environnement au gré des crues et développer toutes ses fonctions biologiques.

Les conditions écologiques sont désormais propices à l'épanouissement de la flore et de la faune tant aquatique que terrestre. Les nombreux buissons et arbustes offrent des habitats que les poissons, reptiles, oiseaux et insectes commencent à s'approprier, laissant entrevoir comment la nature reprend peu à peu ses droits. La population, elle-même, peut jouir d'un espace de détente le long des digues.

Bien que l'élargissement du lit majeur ait entraîné une réduction des surfaces agricoles bordant le cours d'eau, cette perte de surface a été compensée en partie par d'autres mesures. Les 50 000 m³ de terre excavée durant les travaux ont été revalorisés sur ces mêmes parcelles, améliorant leur valeur agronomique. Des possibilités de drainage et d'irrigation ont également été installées.



La Thielle, avant renaturation (2016)



La Thielle, après renaturation (2023)

Le Bey

Le Bey s'écoulait dans un canal d'un mètre de largeur entre les communes de Chamblon et Montagny-près-Yverdon. Il a subi en 2021 des travaux de renaturation sur une longueur de 1 km. L'élargissement du Bey s'établit maintenant sur 20 à 30 mètres supplémentaires, ce qui a permis de recréer des rives naturelles et des nouveaux milieux diversifiés, favorables à la faune et à la flore locales. La revitalisation de ce cours d'eau s'inscrit également pleinement dans la politique de renforcement des réseaux écologiques. L'aménagement du Bey renforce les fonctions d'un corridor biologique d'importance régionale.

L'ensemble des matériaux terreux (tourbe) a été valorisé dans les terrains agricoles riverains et a permis un amendement de surface et un rehaussement des champs cultivés. La collaboration avec les exploitants agricoles du secteur garantit sur le long terme un entretien adapté qui se partage entre le canton pour les berges humides et les agriculteurs pour les prairies riveraines extensives.

Le Vieux-Chemin

Entre 2021 et 2022, la Commune de Treytorrens a réalisé des travaux de remise à ciel ouvert du ruisseau du Vieux Chemin, affluent de la Petite-Glâne, qui s'écoulait auparavant sous tuyau.

Sur le cours amont, le cours d'eau a été aménagé au milieu du vallon forestier en conservant le maximum d'ombrage. Les rives de la partie aval ont été semées avec de la prairie fleurie et plantées d'arbres et arbustes indigènes dans le but d'améliorer la qualité paysagère du site.

Les 300 mètres de ce nouveau ruisseau sont accessibles aux poissons et possèdent des caractéristiques favorables pour la croissance des alevins et des jeunes truitelles.



Le Bey, avant renaturation (2020)



Le Bey, après renaturation (2023)

Le suivi d'efficacité des projets de renaturation, à quoi ça sert ?

Cette action permet de déterminer si les objectifs poursuivis par la renaturation ont été atteints et si les ressources financières ont été utilisées efficacement. Le financement des suivis d'efficacité est réparti entre la Confédération, le Canton et les porteurs du projet (communes, associations ONG). Plus de 30 projets ont fait l'objet de relevés depuis 2009.

Le contrôle des effets est réalisé à l'échelle nationale, ce qui permet de comparer les expériences acquises dans des projets et contextes différents.

Les revitalisations futures seront ainsi optimisées en termes de coûts, tout en contribuant de manière significative à la préservation et à la promotion de la biodiversité locale.

Comment procéder pour suivre les projets ?

1. Choisir des jeux d'indicateurs qui répondent aux objectifs du projet
2. Effectuer un état initial avant travaux (T0)
3. Répéter les suivis à, par exemple, T+2 ans, T+6 ans.
4. Utiliser des *marches à suivre* et des *formulaires standardisés d'évaluation*¹² mis en place par la Confédération.

Le suivi d'efficacité peut s'effectuer en utilisant le un ou plusieurs indicateurs parmi la liste suivante :

Jeu 1 – Diversité des habitats
Jeu 2 – Dynamique
Jeu 3 – Connectivité
Jeu 4 – Température
Jeu 5 – Macrophytes
Jeu 6 – Macroinvertébrés
Jeu 7 – Poissons
Jeu 8 – Végétation riveraine/alluviale
Jeu 9 – Avifaune
Jeu 10 – Socio-économie
Jeu 11 – Objectif spécifique

L'indicateur d'objectif spécifique (jeu 11) permet de traiter un objectif plus « pointu » telle que la promotion d'une espèce cible (amphibien, libellule).



Exemple du suivi d'efficacité du Ruisseau de La Malarmary

La Malarmary est un affluent de l'Aubonne, situé sur la commune de Montherod.

Le projet de renaturation a permis, en 2009, de remettre à ciel ouvert un tronçon enterré de 450 m de longueur.

Quels étaient les objectifs du projet ?

- Assurer la migration piscicole entre la zone forestière en amont avec le cours aval du ruisseau
- Créer un espace cours d'eau
- Aménager un couloir biologique afin que la petite faune et les plantes puissent coloniser le milieu aquatique et les rives

Les suivis effectués les premières années après les travaux de renaturation ont montré un envasement et un colmatage du cours d'eau, ainsi que l'apparition de plantes invasives mais ces problématiques se sont toutes résorbées huit ans après la renaturation.

Les relevés de 2017 ont en effet montré une progression positive des quatre indicateurs suivis. La remise à ciel ouvert de la Malarmary a ainsi permis de restaurer la continuité biologique entre le village de Montherod et la zone forestière et d'offrir de nouveaux habitats pour la flore et la faune aquatique.

Le suivi de l'indicateur « Macroinvertébrés » montre la progression positive entre l'état initial et le suivi après 8 ans avec des notes pour les indicateurs de bonne à très bonne qualité et même supérieures à la station de référence située un peu plus en aval (Montherod).

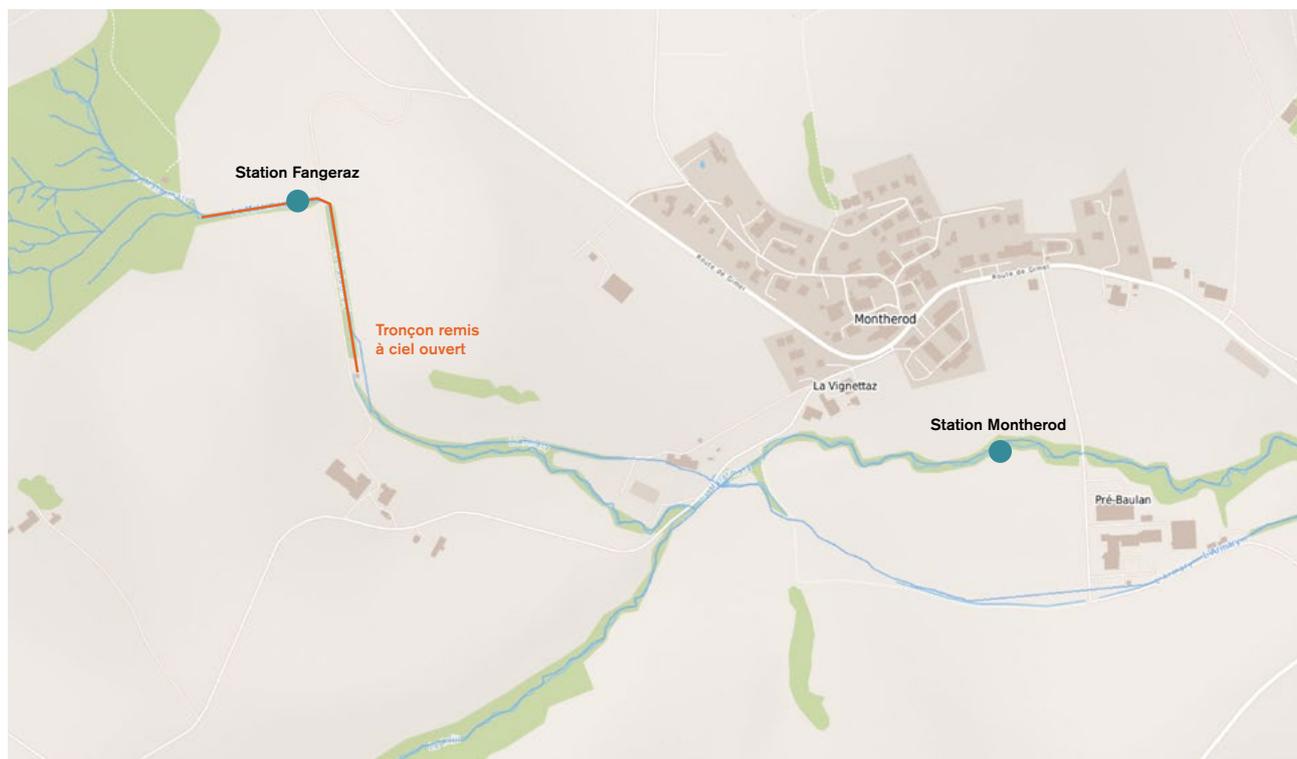


Figure Renaturation 2 : Localisation du tronçon renaturé de La Malarmary, avec les deux stations de suivi d'efficacité : Fangeraz et Montherod (station de référence).

Etat	Station renaturée Fangeraz				Station de référence Montherod
	Initial	+1 an	+4 ans	+8 ans	+8 ans
Année	2009	2010	2013	2017	2017
1 – Diversité des habitats	---	+	+	++	++
5 – Macrophytes	---	+	-	++	
6 – Macroinvertébrés	---	+	+	+	+
8 – Végétation riveraine	---	-	-	++	++

Légende: ++ + - --
 Classe d'appréciation: ■ Très bonne ■ Bonne ■ Moyenne ■ Médiocre

Tableau Renaturation 1 : Résultats de l'évolution des 4 jeux d'indicateurs sélectionnés pour caractériser l'efficacité du projet de remise à ciel ouvert de la Malarmy de l'état initial en 2009 à 2017.

Etat	Fangeraz				Montherod
	Initial	+1 an	+4 ans	+8 ans	+8 ans
Date campagne	2009	2010	2013	2017	2017
Nombre de taxons observés	0	26	33	30	26
IBCH ¹⁹	0	0.63	0.79	0.74	0.63
ROB ¹⁹	0	0.63	0.74	0.69	0.63
VT	0	0.6	0.77	0.68	0.6
GI	0	0.7	0.84	0.84	0.7
Nom du GI	0	Leuctridae	Taeniopterygidae	Odontoceridae	Leuctridae
Abondance [nombre d'individus/m ²]	0	11 784	13 574	12 992	6 306
Biomasse [g/m ²]	0	-	65	34.9	20.7
Σ EPT	0	11	16	14	11

IBCH¹⁹: note selon l'indice biotique suisse normalisé – ROB¹⁹: robustesse de la note IBCH¹⁹ – VT: note de diversité taxonomique – GI: note du groupe indicateur le plus polluo-sensible – Σ EPT: nombre de familles des insectes sensibles EPT (éphémères, plécoptères et trichoptères).

Classe d'appréciation: ■ Très bonne ■ Bonne ■ Moyenne ■ Médiocre ■ Mauvaise
 Exigences de l'OEaux: ■ Respectées ■ Non respectées

Tableau Renaturation 2 : Suivi de l'indicateur « Macroinvertébrés ».

BOIRON DE MORGES

La réduction des produits phytosanitaires entraîne une amélioration de la qualité du cours d'eau

À la fin des années 90, le Boiron de Morges se distinguait comme l'un des cours d'eau les plus affectés par la dégradation de la qualité de ses eaux dans le canton. La dégradation de la qualité biologique constatée le long de ce cours d'eau a servi de signal d'alarme, largement entendu par de nombreux acteurs. Une volonté collective a alors émergé pour mettre en place des mesures visant à réduire la présence de produits phytosanitaires (PPh) dans les eaux de surface. C'est ainsi qu'a débuté en 2005 le «Projet Boiron 62a», initié et financé par les offices fédéraux et les services cantonaux chargés de l'agriculture et de l'environnement.

Dès le départ, ce projet a bénéficié du soutien actif de nombreux agriculteurs et des communes du bassin versant, tous volontaires et désireux de contribuer à cet effort pour améliorer la qualité des eaux. Tout au long du projet, une gamme variée de formations a été proposée aux agriculteurs par les conseillers de la Direction de l'agriculture et de la viticulture ainsi que par l'Association vaudoise de promotion des métiers de la terre Prométerre.

Après les trois phases successives de ce projet pilote (2005 – 2022), le Boiron est devenu le symbole des efforts nécessaires pour réduire l'utilisation des produits phytosanitaires et préserver la qualité de nos eaux.

Le saviez-vous ?



Une des particularités remarquables du projet Boiron a été son rôle de **projet pilote**, contribuant au développement de mesures agricoles novatrices, plusieurs d'entre elles ayant ensuite servis de modèles à l'échelle nationale.

Ces mesures sont ancrées dans la pratique et s'inscrivent dans la durabilité à long terme. Par exemple, la station de lavage **Epuwash**, établie en 2003 et améliorée en 2011, a facilité des milliers de rinçages de pulvérisateurs et de nettoyages de machines utilisées pour l'application de produits phytosanitaires, tout en assurant une gestion sécurisée des eaux.

Au cours de près de deux décennies, le projet Boiron a maintenu une visibilité constante et les mesures adoptées par l'ensemble des acteurs agricoles, ont largement dépassé ses frontières géographiques.



La station de lavage du groupement des agriculteurs Epuwash (2022) est un élément clé du dispositif de protection de la qualité de l'eau de la rivière.

Le **projet Boiron** représente une collaboration étroite sur **18 ans** entre les exploitants agricoles, les collectivités locales et les organismes fédéraux et cantonaux chargés de l'agriculture et de l'environnement, dans le but commun d'améliorer la qualité des eaux du Boiron.

+ 10'000 rinçages

de pulvérisateurs et lavages de machines ont été effectués sur la place de lavage sécurisée (Epuwash)

600 échantillons

ont été prélevés pour analyser la qualité chimique du Boiron, en se concentrant notamment sur les substances phytosanitaires

600 parcelles

totalisant 1'000 hectares, ont bénéficié de mesures agricoles visant à améliorer la qualité des eaux du Boiron

4 millions

investissement global pour mettre en œuvre les mesures agricoles, aménager la station de lavage Epuwash, fournir un soutien scientifique et organiser des formations techniques

Surveillance des eaux du Boiron

Pendant toute la durée du projet, des analyses chimiques et biologiques ont été conduites et se poursuivront sur des sites spécifiques afin de surveiller l'évolution de la qualité des eaux du bassin versant du Boiron. Les prélèvements et l'interprétation des données sont effectués selon le *Système modulaire gradué (SMG)*¹², appliqué en Suisse et offrant un ensemble de méthodes harmonisées pour évaluer l'état des eaux.

Depuis 2005, la qualité chimique des eaux du Boiron est surveillée sur trois stations (Figure 1), dont l'une (Lac Tolochenaz) fait partie du réseau national d'observation de la qualité des eaux de surface NAWA. Ces analyses incluent la mesure des nutriments (carbone, azote, phosphore) ainsi que des micropolluants tels que les pesticides, permettant de dresser un portrait de la contamination provenant des activités du bassin versant, qu'elles soient agricoles ou urbaines, et de suivre l'impact des changements dans l'exploitation des terres agricoles.

Pour ce qui est de la qualité biologique du cours d'eau, des prélèvements sont effectués chaque année sur six stations (Figure 1) réparties de l'amont à l'aval du bassin versant, lors de deux campagnes au printemps et en été. Des études complémentaires ponctuelles ont également été menées sur les affluents du Boiron, tels que l'Irence et le Blaçon, afin de mieux comprendre les facteurs influençant les variations de la qualité biologique.

Toutes les évaluations de la qualité des cours d'eau vaudois sont regroupées sur le site internet vhv-qualite.ch¹².

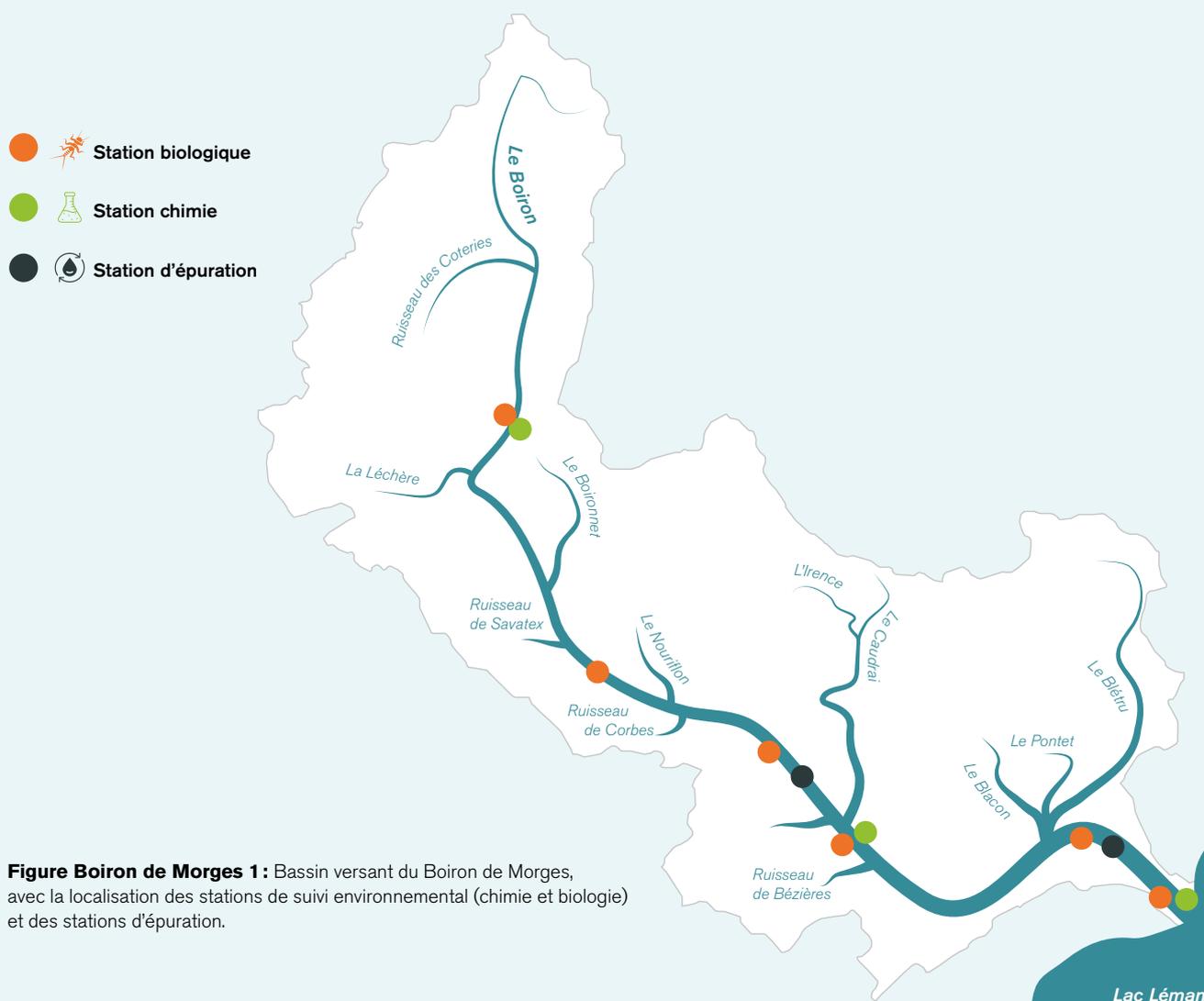


Figure Boiron de Morges 1 : Bassin versant du Boiron de Morges, avec la localisation des stations de suivi environnemental (chimie et biologie) et des stations d'épuration.

Amélioration de la qualité chimique et diminution de l'impact écotoxique

Une nette diminution de la quantité de nutriments apportée aux eaux du Boiron au fil des années

Au cours des cinq dernières années, l'objectif de qualité, défini comme étant bon ou très bon, a été partiellement atteint dans les trois stations, à l'exception du carbone organique à Fontaine-aux-Chasseurs (Tableau 1). Cette substance, d'origine naturelle, est issue de la décomposition de la matière organique provenant probablement des forêts situées en amont du bassin versant, incluant des zones marécageuses de tourbe décomposée.

La qualité des **composés azotés** (NH_4 , NO_3 , NO_2) dans le Boiron est généralement jugée bonne à très bonne. Une amélioration significative de la qualité de l'ammonium et des nitrites à la station Lac Tolochenaz est observée dès 2012, avec une

diminution de 85 % des concentrations de ces deux paramètres dans le Boiron. Cela a permis de passer d'une qualité initialement mauvaise à une qualité bonne, voire très bonne. Cette amélioration est notamment attribuée à la modernisation et à l'agrandissement de la STEP de Lully-Lussy à la fin de 2011.

En ce qui concerne les **composés phosphorés** (P_{tot} , PO_4), une réduction de 60% des concentrations à Bois-Billens et Lac Tolochenaz est constatée dès 2013, entraînant une légère amélioration de la qualité, bien que celle-ci reste encore insuffisante pour atteindre les objectifs fixés. Le phosphore peut provenir des eaux usées ainsi que du lessivage des surfaces agricoles. Les mesures mises en œuvre lors de la deuxième phase du projet (2011 – 2016), telles que la création de bandes herbeuses et de prairies permanentes pour contrôler le ruissellement, pourraient expliquer cette diminution de l'apport de phosphore dans les eaux du Boiron.

Année	Fontaine-aux Chasseurs						Bois Billens						Lac Tolochenaz					
	COD	P _{tot}	PO ₄	NH ₄	NO ₃	NO ₂	COD	P _{tot}	PO ₄	NH ₄	NO ₃	NO ₂	COD	P _{tot}	PO ₄	NH ₄	NO ₃	NO ₂
2005	Mauvaise	Moyenne	Moyenne	Bonne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Mauvaise	Mauvaise	Bonne	Bonne	Moyenne	Moyenne	Mauvaise	Mauvaise	Mauvaise	Bonne	Moyenne
2006	Moyenne	Bonne	Bonne	Bonne	Moyenne	Moyenne	Bonne	Mauvaise	Mauvaise	Bonne	Bonne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Mauvaise	Mauvaise	Moyenne	Moyenne
2007	Moyenne	Bonne	Bonne	Bonne	Moyenne	Mauvaise	Moyenne	Mauvaise	Mauvaise	Bonne	Bonne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Mauvaise	Mauvaise	Moyenne	Moyenne
2008	Moyenne	Bonne	Moyenne	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Mauvaise	Mauvaise	Bonne	Bonne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Mauvaise	Mauvaise	Moyenne	Moyenne
2009	Mauvaise	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Moyenne	Mauvaise	Mauvaise	Bonne	Bonne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Mauvaise	Mauvaise	Moyenne	Moyenne
2010	Moyenne	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Mauvaise	Mauvaise	Bonne	Bonne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Mauvaise	Mauvaise	Moyenne	Moyenne
2011	Mauvaise	Moyenne	Bonne	Moyenne	Bonne	Bonne	Moyenne	Mauvaise	Mauvaise	Bonne	Bonne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Mauvaise	Mauvaise	Moyenne	Moyenne
2012	Mauvaise	Bonne	Bonne	Moyenne	Moyenne	Bonne	Bonne	Moyenne	Mauvaise	Bonne	Bonne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Mauvaise	Bonne	Moyenne	Moyenne
2013	Moyenne	Bonne	Moyenne	Bonne	Moyenne	Bonne	Bonne	Moyenne	Moyenne	Bonne	Bonne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Bonne	Bonne	Moyenne
2014	Mauvaise	Bonne	Moyenne	Moyenne	Bonne	Bonne	Bonne	Moyenne	Moyenne	Bonne	Bonne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne
2015	Moyenne	Mauvaise	Moyenne	Moyenne	Bonne	Moyenne	Bonne	Mauvaise	Mauvaise	Moyenne	Bonne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne
2016	Moyenne	Moyenne	Bonne	Bonne	Bonne	Moyenne	Moyenne	Mauvaise	Moyenne	Bonne	Bonne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne
2017	Moyenne	Mauvaise	Mauvaise	Bonne	Moyenne	Mauvaise	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Bonne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne
2018	Mauvaise	Moyenne	Bonne	Moyenne	Bonne	Bonne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Bonne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne
2019	Moyenne	Bonne	Moyenne	Moyenne	Bonne	Bonne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne
2020	Mauvaise	Moyenne	Bonne	Moyenne	Bonne	Bonne	Moyenne	Mauvaise	Moyenne	Bonne	Bonne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne
2021	Mauvaise	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne
2022	Mauvaise	Moyenne	Bonne	Moyenne	Bonne	Bonne	Bonne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne

Qualité des eaux : ■ Très bonne ■ Bonne ■ Moyenne ■ Médiocre ■ Mauvaise
 COD : carbone organique dissous P_{tot} : Phosphore total brut PO₄ : phosphate NH₄ : ammonium NO₃ : nitrate NO₂ : nitrite.

Tableau Boiron de Morges 1 : Classes de qualité en nutriments sur les trois stations entre 2005 et 2022.

Du côté des micropolluants : un risque marqué pour les insectes

Le suivi des micropolluants organiques englobe une gamme variée de substances, dont des médicaments, des herbicides, des insecticides, des fongicides, et d'autres utilisées tant en milieu urbain qu'agricole. Dans le Tableau 2 sont répertoriées les substances non conformes selon l'Annexe 2 de l'ordonnance fédérale sur la protection des eaux (OEaux, RS 814.201), avec une évaluation générale regroupée en trois catégories : médicaments, pesticides avec des limites écotoxicologiques spécifiques, et pesticides avec une valeur d'exigence à 100 ng/L.

En ce qui concerne les **médicaments**, seules quelques concentrations de diclofénac dépassent les normes de l'OEaux. Cependant, depuis 2020, aucun dépassement de la limite de 50 ng/L n'a été observé.

Pour les **pesticides** soumis à une limite spécifique, des dépassements sont constatés pour 3 insecticides et 1 herbicide. Le diazinon est interdit pour un usage phytosanitaire depuis plusieurs années, tandis que l'interdiction du chlorpyrifos et du thiaclopride est plus récente. Quant aux pesticides avec une limite légale de 100 ng/L, 13 substances dépassent cette limite. Le DEET (répulsif insectifuge) et le glyphosate (herbicide non sélectif) sont parmi les composés présentant le plus de dépassements, avec cependant une nette diminution de la fréquence des dépassements pour ce dernier à partir de 2020.

		PPH	NQE [ng/L]	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Médicaments									
Anti-inflammatoire	Diclofénac	-	50						
Pesticides limites spécifiques									
Insecticides	Chlorpyrifos	2021	0.46						
	Diazinon	2011	12						
	Thiaclopride	2021	10						
Herbicides	Nicosulfuron	oui	8.7						
Pesticides limites générale									
Herbicides	2,4-D	oui	100						
	Bentazone	oui	100						
	Chlortoluron	oui	100						
	Diméthachlore	oui	100						
	Ethofumesate	oui	100						
	Glyphosate	oui	100						
	Mécoprop	oui (-P)	100						
	Métamitron	oui	100						
Répulsif insectifuge	DEET	-	100						
Fongicides	Boscalide	oui	100						
	Propamocarbe	oui	100						
	Spiroxamine	oui	100						
	Tébuconazole	oui	100						

■ Conforme ■ Non conforme ■ Pas d'évaluation possible

PPH : homologation pour un usage phytosanitaire (PPH) – Dates : Année à laquelle les substances ont été retirées de l'annexe 1 de l'ordonnance sur la mise en circulation des produits phytosanitaires (OPPh, RS 916.161).

Tableau Boiron de Morges 2 : Evaluation de la conformité des concentrations de micropolluants avec l'Annexe 2 de l'OEaux, à la station Lac-Tolochenaz.

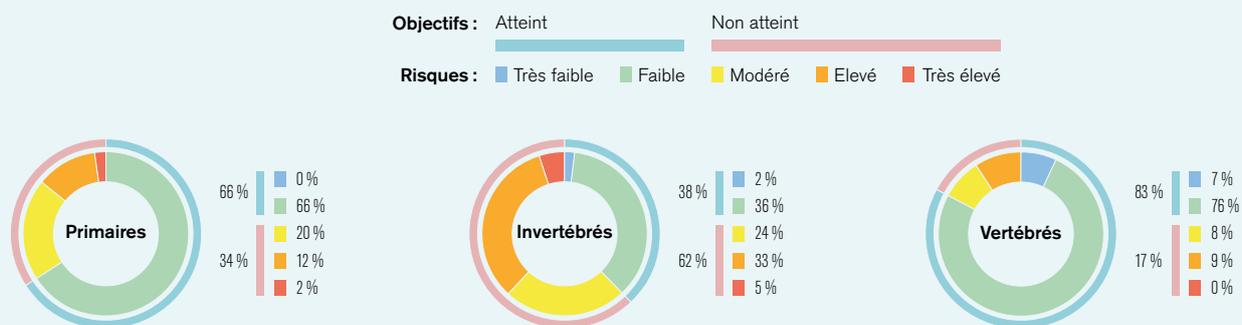


Figure Boiron de Morges 2 : Répartition des risques générés par les mélanges de substances sur les organismes primaires.

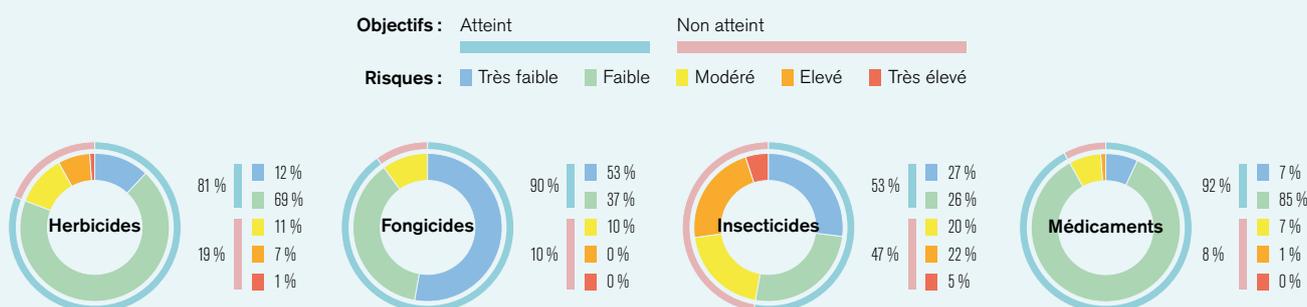


Figure Boiron de Morges 3 : Origine des risques sur l'ensemble des évaluations effectuées entre 2018 et 2022.

En ce qui concerne l'écotoxicité, les risques des mélanges de ces substances sur les organismes primaires (plantes), les vertébrés et les invertébrés ont été évalués. Cette analyse révèle que, sur l'ensemble des échantillons prélevés depuis 2017, 34 % présentent un risque pour les organismes primaires, 62 % pour les invertébrés et 17 % pour les vertébrés (Figure 2). Les invertébrés semblent ainsi être les organismes les plus exposés aux risques.

Parmi ces échantillons, les concentrations cumulées d'**insecticides** représentent un risque pour la faune et la flore aquatiques dans 47 % des cas, tandis que pour les **herbicides**, ce chiffre est de 19%. Quant aux **fongicides** et **médicaments**, ils présentent respectivement un risque dans 10 % et 8 % des échantillons (Figure 3).

Parmi les **herbicides**, les substances posant le plus problème dans le Boiron de Morges au cours des trois dernières années sont les suivantes : le nicosulfuron (un herbicide homologué pour les cultures de maïs en Suisse), le foramsulfuron (un herbicide professionnel autorisé pour les cultures de maïs et de betterave en Suisse), le diméthachlore (un herbicide sélectif autorisé dans les cultures de colza d'automne en Suisse), le diflufenican et le 2,4-D (deux herbicides autorisés pour des usages professionnels

et non professionnels dans diverses cultures et terrains en Suisse, y compris les céréales, les pelouses d'ornement, les terrains de sport et les fruits à noyau).

En ce qui concerne les **insecticides**, le fipronil, dont l'analyse a débuté en 2021, est détecté à des concentrations dépassant le critère de qualité (0,77 ng/L) dans 96 % des échantillons. Bien qu'il ait été retiré de l'annexe 1 de OPPh en 2019, le fipronil est encore utilisé comme antiparasitaire vétérinaire, présentant des *effets insecticides et acaricides*¹². Deux autres substances posent également des problèmes pour la faune et la flore aquatiques : la lambda-cyhalothrine et la perméthrine. Bien que la perméthrine soit interdite pour un usage phytosanitaire depuis 2007, elle est encore homologuée comme médicament vétérinaire (antiparasitaire) et biocide, tandis que la lambda-cyhalothrine est homologuée à la fois comme phytosanitaire et biocide.

En ce qui concerne les **fongicides**, seul un dépassement de son critère de qualité est observé pour la spiroxamine, un fongicide homologué pour les cultures céréalières (blé, orge, épeautre...) et les vignes. Depuis 2018, aucun dépassement n'a toutefois été observé pour cette substance.

A propos du glyphosate

Le glyphosate a été analysé sur les 3 stations depuis 2011, avec des prélèvements mensuels effectués sur une période de 24 heures, de mars à octobre. Cet herbicide non sélectif est largement utilisé tant en agriculture qu'en milieu urbain.

Depuis 2011, l'annexe 2.5 de l'ordonnance sur la réduction des risques liés aux produits chimiques (ORRChim, RS 814.81) interdit totalement l'utilisation d'herbicides sur les routes, les chemins et les places perméables et à leurs abords pour les communes et les particuliers, afin de prévenir les risques de lessivage et de ruissellement dans les eaux. Toutefois, il reste autorisé dans les jardins, les terrains de sport et en cas de présence de plantes problématiques le long des chemins, des talus de route et des voies de chemin de fer.

La présence de glyphosate était particulièrement élevée jusqu'en 2014. En effet, les concentrations dépassaient la limite OEaux de 100 ng/L sur les 3 stations et représentaient jusqu'à 94 % des valeurs mesurées (Figure 4). La forte présence de glyphosate à la station Fontaine-aux-Chasseurs pourrait être associée à une accumulation de son utilisation en milieu agricole, ainsi qu'à l'utilisation par les *Chemins de fer fédéraux (CFF)*¹² aux abords des voies à Ballens-Froideville.

À partir de 2013, les dépassements de la concentration limite légale en glyphosate sur cette station sont devenus exceptionnels et moins fréquents. Cela témoigne clairement d'un changement dans l'utilisation de cet herbicide dans le bassin versant en amont de cette station.



Figure Boiron de Morges 4 : Pourcentage des concentrations en glyphosate aux 3 stations de suivi sur le Boiron de Morges.



Qualité biologique de la rivière retrouvée après 18 ans d'efforts

Depuis 1990, les invertébrés benthiques, tels que les crustacés, les larves d'insectes, les vers et les escargots qui habitent le fond de la rivière, ont été prélevés chaque année au filet. Une fois ramenés au laboratoire, ils sont séparés des débris comme les cailloux et les feuilles, puis comptés et identifiés à la famille à l'aide d'une loupe binoculaire. Un indice de qualité biologique appelé IBCH¹⁹ est calculé à partir des familles identifiées sur la station et de leur sensibilité. Cet indice fournit une information synthétique et pertinente pour mettre en évidence la pollution de l'eau et la dégradation de l'habitat de la station.

Au cours des trente dernières années, la qualité biologique du Boiron s'est globalement améliorée (Figure 5), passant d'une tendance médiocre à moyenne à une tendance moyenne à bonne dès 2007. Cette amélioration est particulièrement significative pour les stations situées en aval, à partir de la station « Moulin de Villars ».

Bien que les valeurs des indices indiquent actuellement une bonne qualité pour presque toutes les stations, un gradient de qualité amont-aval est observé, avec une tendance à la diminution de la qualité vers l'aval. Chaque station présente également des compositions spécifiques qui lui sont propres.

Les récentes campagnes ont été caractérisées par des périodes d'étiage persistant en été, en automne et même en hiver, ponctuées par de brèves périodes de fortes précipitations, voire de tempêtes hivernales, ainsi que par des variations interannuelles qui reflètent probablement les fluctuations hydroclimatiques. Les années 2015 – 2021 ont été les sept années les plus chaudes enregistrées depuis le début des mesures en 1864, avec une température moyenne annuelle dépassant la norme 1961 – 2010 de 2,2 degrés .

En plus de l'amélioration de la qualité de l'eau, l'augmentation des indices liés à la diversité des invertébrés (VT¹⁹) est également liée aux changements climatiques et à l'arrivée de nouvelles espèces, notamment parmi les éphéméroptères et les odonates.

Certaines variations biologiques sont également naturelles et dépendent étroitement du cycle de reproduction de la faune benthique.

Indices de qualité biologique (valeurs comprises entre 0 et 1)²³

IBCH¹⁹: indice biotique suisse normalisé. Il prend en compte la composition et la diversité de la petite faune aquatique. Il se base d'une part sur la qualité et la diversité des habitats et, d'autre part, sur les atteintes à la qualité de l'eau dues à un excès de nutriments/micropolluants et/ou à un manque d'oxygène.

VT¹⁹: indice de **variété taxonomique** qui évalue la biodiversité des organismes et la diversité des habitats présents.

GI¹⁹: indice défini par le **groupe indicateur le plus sensible aux pollutions** dans la liste faunistique observée.

Objectifs : Atteint (bleu clair) Non atteint (rouge)

Classes d'appréciation : Très bonne (bleu) Bonne (vert) Moyenne (jaune) Médiocre (orange) Mauvaise (rouge)

IBCH (bleu foncé)
Variété taxonomique (orange)
Groupe indicateur (gris)

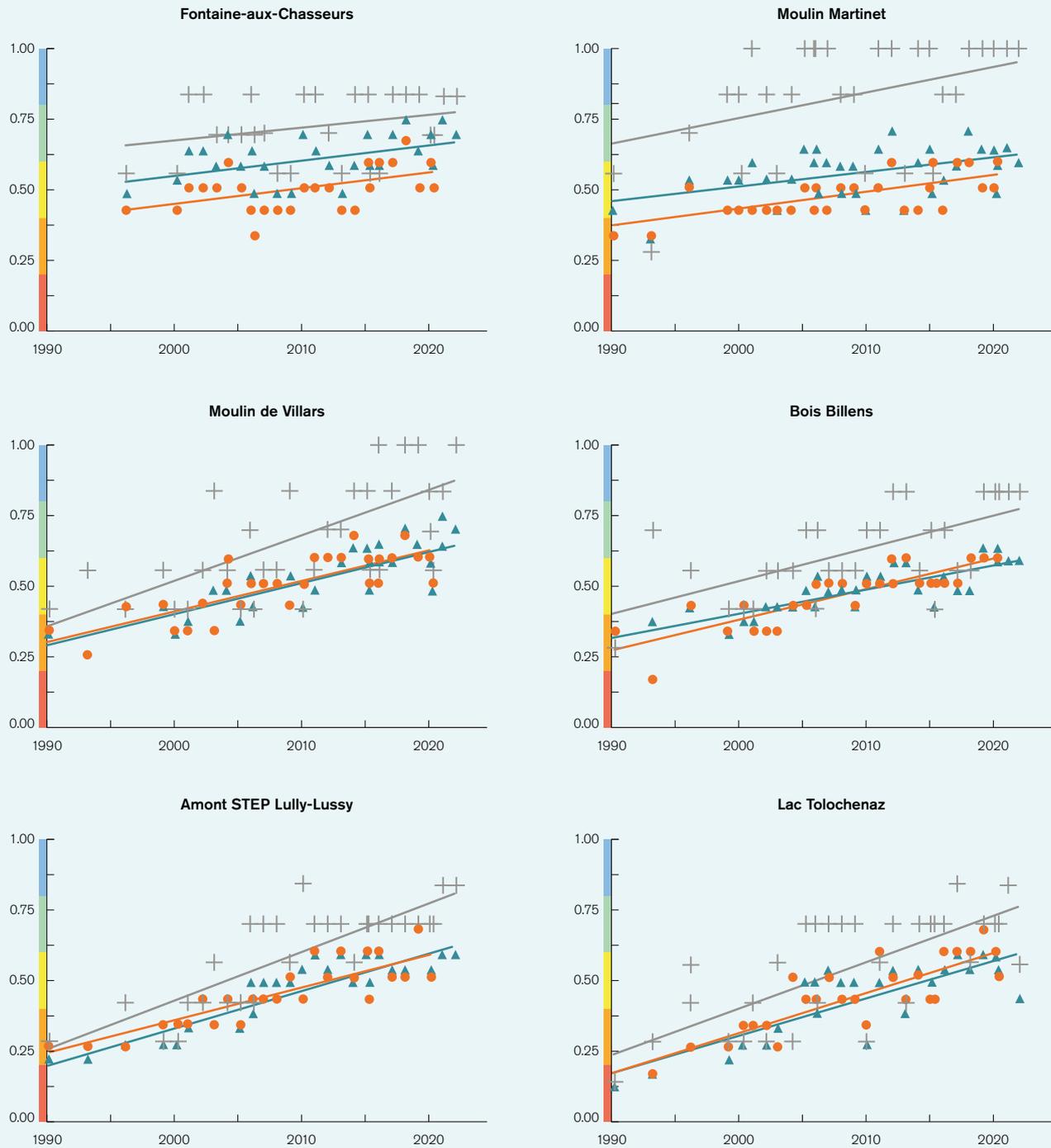


Figure Boiron de Morges 5 : Valeurs des indices biotiques IBCH¹⁹, VT¹⁹ et GI¹⁹ pour les 6 stations du Boiron de Morges. Les droites représentent les tendances générales des moyennes annuelles. Les couleurs des 5 classes de qualité du SMG ont été ajoutées en arrière-plan des graphiques. Les stations sont placées de l'amont (en haut) vers l'aval (en bas).

Analyses biologiques complémentaires

Espèces polluo-sensibles : éphémères, plécoptères et trichoptères (EPT)

Ces groupes d'insectes sont considérés comme les plus sensibles à la qualité de l'eau. Leur diversité en espèces (richesse EPT) fournit des informations supplémentaires sur les communautés d'invertébrés présentes et sur les conditions physico-chimiques du cours d'eau (température, dégradation chimique de l'eau, etc.). Bien que la liste des espèces connues à ce jour dans le Boiron ne soit pas exhaustive, les données provenant du suivi indiquent une nette augmentation de la richesse EPT du Boiron (Figure 8), même si elle n'a pas encore atteint son potentiel maximal et que dans plusieurs sites, une diminution de la richesse EPT est observée depuis 2019.

Dans l'ensemble, les stations «Moulin Martinet» et «Moulin de Villars» se distinguent par un nombre plus élevé d'espèces EPT que les autres stations. Cette richesse faunistique est favorisée par les affluents provenant du massif forestier amont, qui permettent la présence de certains plécoptères sensibles (comme *Isoperla grammatica*), observables uniquement dans la zone préservée entre la station «Fontaine-aux-chasseurs» et «Moulin de Villars». En aval, ces espèces sont soit absentes, soit présentes en effectif très réduit.

Entre 2000 et 2021, le nombre d'espèces EPT a doublé sur les trois stations les plus en aval. En effet, plusieurs espèces se sont bien installées le long du cours du Boiron, même si la présence de certaines reste sporadique et leur abondance

limitée à quelques individus. Par exemple, les éphémères de la famille des Heptageniidae, comme *Ecdyonurus torrentis* et *Rhithrogena picteti*, ont été observées à la station «Lac Tolochenaz» dès 2009 et 2014, respectivement.

Grâce à cet enrichissement en espèces, la qualité biologique du Boiron se rapproche désormais de celle d'un bassin versant de bonne qualité, tel que celui de l'Aubonne. Cependant, les résultats indiquent encore des déficits, notamment en ce qui concerne les plécoptères et les espèces répertoriées sur la Liste Rouge¹². La permanence de l'installation des deux seules espèces observées sur la liste rouge, *Protonemura meyeri* (plécoptère) et *Ernodes articularis* (trichoptère), reste à confirmer car elles n'ont pas encore été observées de manière répétée ni en grand nombre.

Une relation causale entre l'amélioration de l'état biologique du Boiron et le projet pilote de réduction des produits phytosanitaires est quasi certaine, étant donné que sur une rivière voisine, la Morges, qui ne fait pas partie d'un projet de réduction des PPh (bassin versant contigu à l'est de celui du Boiron de Morges), la qualité biologique n'a guère évolué depuis 1990. Dans la Morges, la qualité reste principalement médiocre à moyenne (avec des valeurs comprises entre 0,37 et 0,53 pour la dernière campagne de 2017) et la petite faune aquatique est représentée uniquement par des taxons ubiquistes (généralistes).



De gauche à droite : éphémère, plécoptère et trichoptère.

— Tendances de l'évolution en richesse EPT

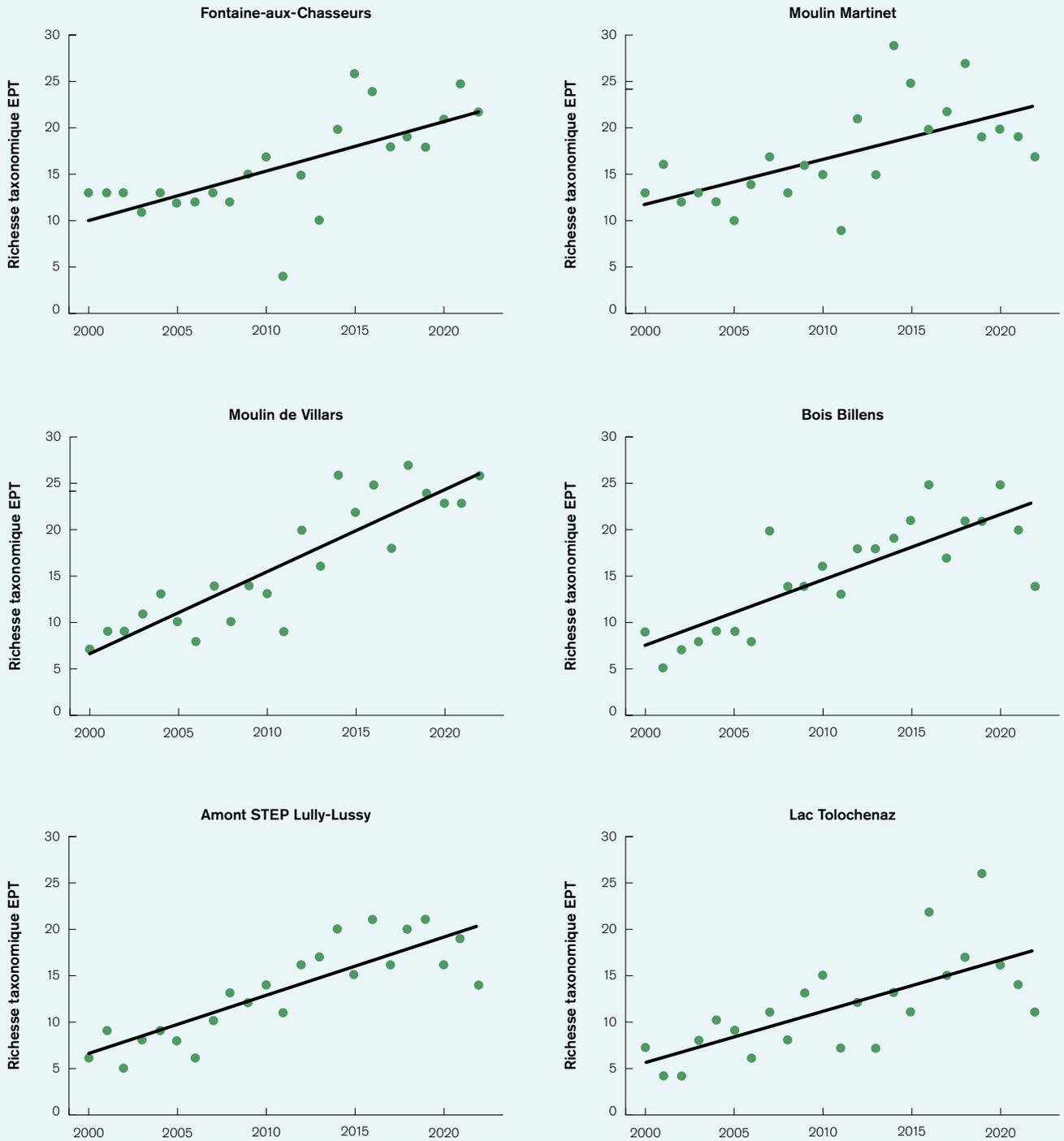


Figure Boiron de Morges 6 : Evolution du nombre total d'espèces EPT pour les six stations entre 2000 et 2022. Les droites reflètent les tendances de l'évolution en richesse EPT au cours du temps. Les stations sont placées de l'amont (en haut) vers l'aval (en bas).



Le Boiron de Morges

Bilan de 18 ans de projet

Toutes les mesures agricoles mises en œuvre par les exploitants engagés dans le projet Boiron, accompagnées de l'aménagement de la station de lavage Epuwash, de l'assistance scientifique et des formations techniques, ont représenté un investissement significatif (environ 4 millions CHF).

Les efforts ont permis d'atteindre pleinement les objectifs environnementaux définis au début du projet, avec une nette amélioration de la qualité des eaux du Boiron tout au long du processus.

Ce projet a également démontré qu'il est réaliste de concilier les exigences d'une agriculture durable avec les impératifs de protection des ressources en eau.

Malgré ces progrès, des améliorations supplémentaires sont nécessaires, en particulier sur les affluents, susceptibles d'agir comme des réservoirs de biodiversité, mais dont les résultats montrent une qualité chimique et biologique inférieure à celle du cours principal, subissant l'impact des activités humaines.

La réduction de l'utilisation d'insecticides dans le bassin versant contribuerait également à améliorer de manière généralisée la qualité biologique des stations les plus en aval et à favoriser le retour des insectes les plus sensibles à la qualité de l'eau, tels que les éphémères, les plécoptères et les trichoptères.



VENOGE

La Venoge : bilan de 30 années de suivi de la qualité chimique

La qualité chimique de cette rivière est suivie depuis 1987.

Le bassin versant de la Venoge détient une grande diversité de zones aussi bien rurales qu'urbaines qui amènent au fil du cours d'eau diverses pollutions diffuses ou ponctuelles.

Plusieurs stations de mesures ont été mises en place sur le cours d'eau avec des programmes d'analyses spécifiques pour le suivi de la qualité en nutriments et en micropolluants (Figure 1). Depuis 1987, une station principale à Ecublens assure le suivi de la qualité des nutriments. Le suivi comprenait des échantillons cumulés et instantanés jusqu'en 2017.

À partir de 2018, seuls des échantillons instantanés sont réalisés afin d'harmoniser les pratiques avec le réseau NAWA de l'OFEV dont la station fait partie. Plusieurs stations secondaires sont suivies tous les 4 à 5 ans avec des prises d'échantillons instantanés. Ce suivi permet de déterminer la qualité en éléments carbonés, azotés et phosphorés.

Depuis 2012, les micropolluants issus des eaux usées, provenant des exutoires des stations d'épuration et des déversements des réseaux, font l'objet d'un suivi au niveau de quatre stations (du point le plus en amont au point le plus en aval : La Sarraz, Lussery, Moulin du Choc et Ecublens les Bois). L'objectif est d'évaluer les variations et les incidences des micropolluants sur la qualité des eaux de surface. Bien que la liste des substances surveillées entre 2012 et 2022 ait évolué au fil des ans, elle reste axée sur une quarantaine de composés, notamment des antibiotiques, des anticorrosifs, des antidépresseurs, des produits de contraste, des antiépileptiques, etc.

Des prélèvements instantanés ont été collectés à chacune des quatre stations quatre fois par an, couvrant toutes les saisons, entre 2012 et 2020, puis mensuellement depuis 2021. À la station d'Ecublens les Bois, un dispositif de prélèvement en continu sur une période de 14 jours a été mis en place en 2017, offrant ainsi la possibilité d'évaluer la conformité de la qualité des eaux aux normes de l'Annexe 2 de l'ordonnance fédérale sur la protection des eaux (OEaux, RS 814.201).

Le bassin versant de la Venoge en quelques chiffres

230 km²

surface du bassin versant

38 km

longueur de la rivière

17 stations d'épuration

en activité

33'000 habitants

raccordés à une STEP

Etat des STEP :

● Active

● Raccordée

Type de suivi des stations rivière :

◆ Nutriments

◆ Nutriments et micropolluants

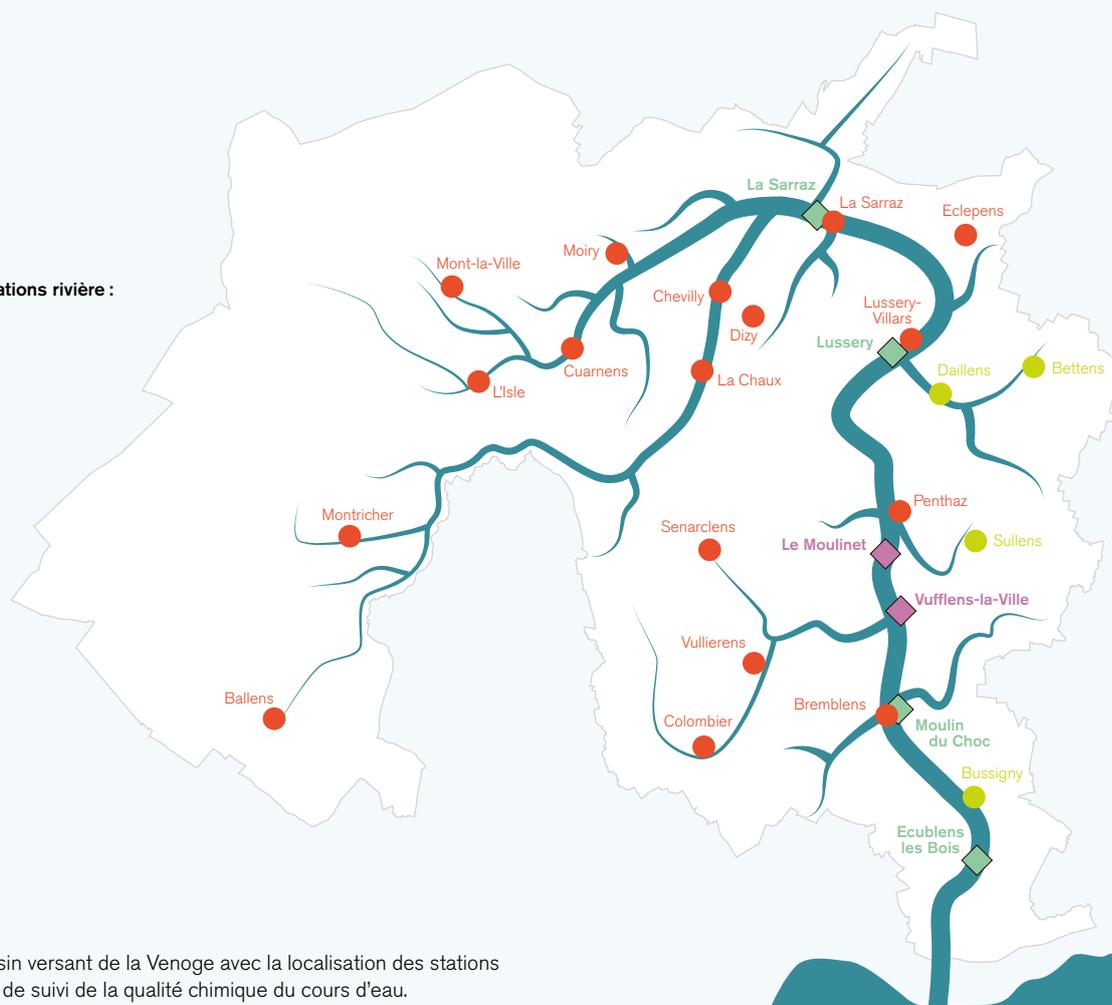


Figure Venoge 1 : Bassin versant de la Venoge avec la localisation des stations d'épuration et des points de suivi de la qualité chimique du cours d'eau.

Une tendance à la baisse des concentrations en nutriments dans les eaux de surface

Les concentrations obtenues pour six paramètres, à savoir le carbone organique dissous, le phosphore brut total, les ortho-phosphates, l'ammonium, les nitrates et les nitrites, sont en baisse sur la période s'étendant de 1987 à 2022. L'évolution de celles-ci, présentées sur le graphique ci-dessous (Figure 2), révèlent des diminutions progressives permettant d'obtenir depuis plusieurs années une qualité bonne à très bonne pour les paramètres azotés (nitrate, nitrite et ammonium) ainsi que pour le carbone organique dissous à la station en aval à Ecublens les Bois. Les teneurs ayant évolué à moindre échelle sont celles du nitrate mais elles permettent néanmoins d'avoir une bonne qualité depuis 2007 et ceci quel que soit le régime hydrique.

Avec la mise en place des traitements physico-chimiques du phosphore dans les STEP dans les années 80, puis des traitements de l'azote dans les années 90, les *charges spécifiques rejetées par l'ensemble des STEP du bassin versant dans les eaux de la Venoge*¹² en éléments azotés, phosphorés et organiques ont drastiquement diminué, de plus de 75 à 80% en 30 ans.

Dans le cadre du *Plan cantonal micropolluants*¹², des actions ont été mises en œuvre entre 2018 et 2022 pour améliorer la gestion des eaux usées dans le bassin versant de la Venoge. Depuis octobre 2018, la STEP de l'Association intercommunale pour l'épuration des eaux usées (AIEE) de Penthaz a été équipée d'un système de traitement avancé des micropolluants. En décembre 2019, la STEP de Sullens-Bournens a été mise hors service et raccordée à la STEP de Penthaz, suivie par la connexion de la STEP de Bussigny à celle de Vidy en juillet 2020.

Ces modifications dans le bassin versant ont entraîné une diminution d'environ 50% des charges de micropolluants dans la Venoge.

La station de suivi de la qualité des eaux de la Venoge à Ecublens les Bois enregistre la pollution cumulée en amont de celle-ci et donc illustre bien le bénéfice des investissements importants effectués sur les STEP dans le bassin versant (Tableau 1).

À la Sarraz, en amont des principales STEP, les indicateurs de qualité sont généralement bons à très bons, bien que certains paramètres puissent parfois afficher une qualité moyenne. En revanche, à Ecublens les Bois, la qualité a historiquement été médiocre à mauvaise. Cependant, au cours des cinq dernières années, seuls les niveaux de phosphore total demeurent systématiquement mauvais à médiocres, tandis que les autres paramètres ont montré une amélioration notable, affichant maintenant une qualité bonne à très bonne.

Cette amélioration de la qualité chimique des eaux de la Venoge résulte en grande partie des efforts déployés pour éliminer les rejets directs d'eaux usées et améliorer les infrastructures de traitement. Ces résultats positifs mettent en évidence l'importance des politiques environnementales et des actions de préservation des ressources en eau pour assurer un avenir durable aux écosystèmes aquatiques.



*Le critère de qualité de l'ammonium, et donc les classes de qualité, sont fonction de la température et du pH. Le critère le plus contraignant est appliqué si la température n'est pas renseignée ce qui est le cas avant 2012 et sur les échantillons cumulés jusqu'en 2017. Ainsi il a été décidé de représenter les classes de qualité selon ce critère. Pour les nitrites, le critère de qualité est fonction de la concentration en chlorure.

Figure Venoge 2: Evolution des concentrations depuis 1987 à la station Ecublens les Bois selon les classes de qualité du SMG^{L2}.

Les micropolluants des eaux usées sont également à la baisse

Les concentrations cumulées de micropolluants ont été évaluées pour chaque échantillon prélevé dans les stations, incluant 23 substances surveillées depuis 2012 (prélèvements instantanés) et 16 substances surveillées depuis 2017 (prélèvements continus). Ces substances appartiennent à différentes catégories de composés, notamment des analgésiques, des antibiotiques, des anticorrosifs, des antiépileptiques, des produits de contraste, des antidiabétiques, des bêtabloquants, des antidépresseurs, des hypolipémiants et des anti-inflammatoires.

La figure 3 compare les valeurs relevées dans les stations avant et après juillet 2020, date du raccordement de la STEP de Bussigny à celle de Lausanne. Une baisse significative des concentrations est observée après juillet 2020, en particulier à la station d'Ecublens les Bois, située en aval du bassin versant de la Venoge et bénéficiant de toutes les améliorations apportées en amont. Une amélioration est également constatée à la station du Moulin du Choc, à la suite de la réduction des rejets de micropolluants de la STEP de Penthaz.

Les résultats obtenus à la station « Ecublens les Bois » pour 16 substances analysées sur l'ensemble de la période d'observation, à partir d'échantillons prélevés en continu sur 14 jours (Figures 3 et 5), montrent une nette diminution des concentrations après le raccordement de la STEP de Bussigny à celle de Lausanne. Les substances présentant les plus fortes concentrations incluent le méthylbenzotriazole et le benzotriazole (anticorrosifs), ainsi que la metformine (antidiabétique). De plus, la fréquence des dépassements de la limite légale de 50 ng/L (conformément à l'OEaux) pour le diclofénac, un anti-inflammatoire, a significativement diminué, étant désormais observée uniquement pendant les périodes d'été.

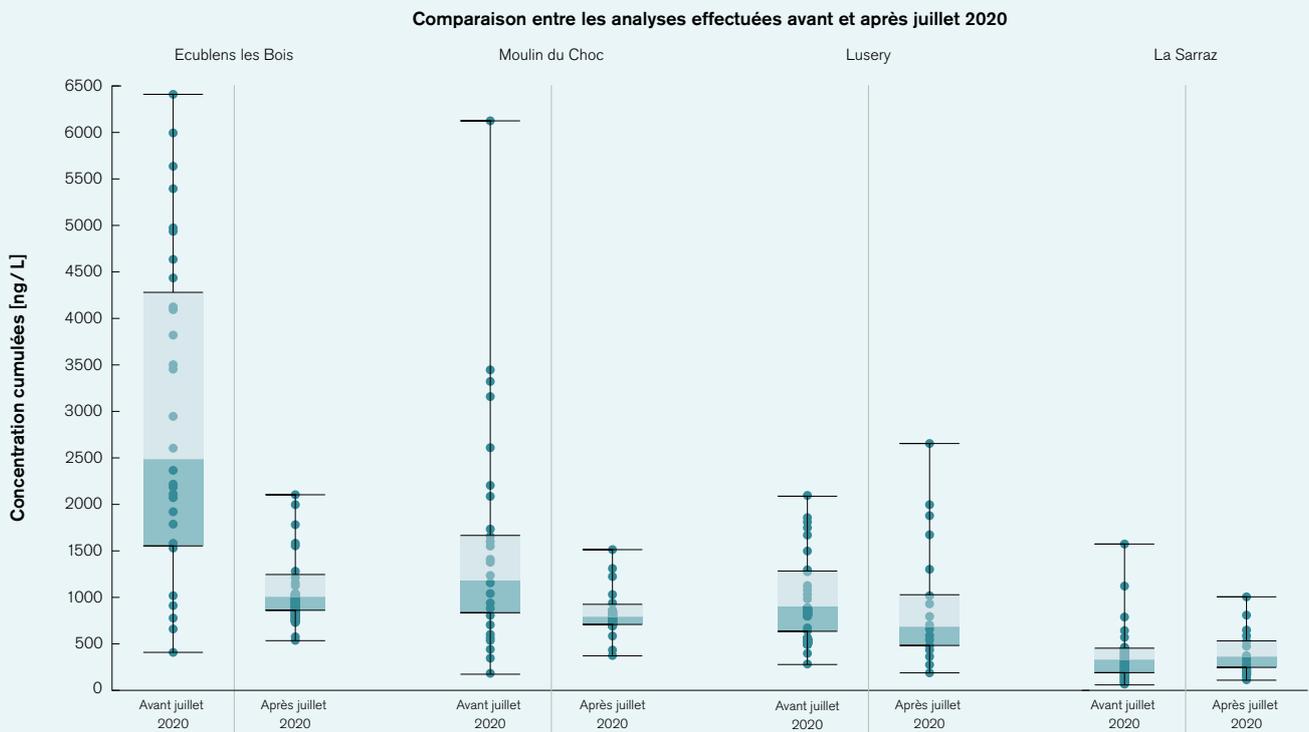


Figure Venoge 3 : Médiane, quartiles, minimum et maximum des sommes des concentrations [ng/L] dans chaque échantillon aux 4 stations. Comparaison entre les analyses effectuées avant et après juillet 2020 (date du raccordement de la STEP de Bussigny sur celle de Lausanne).

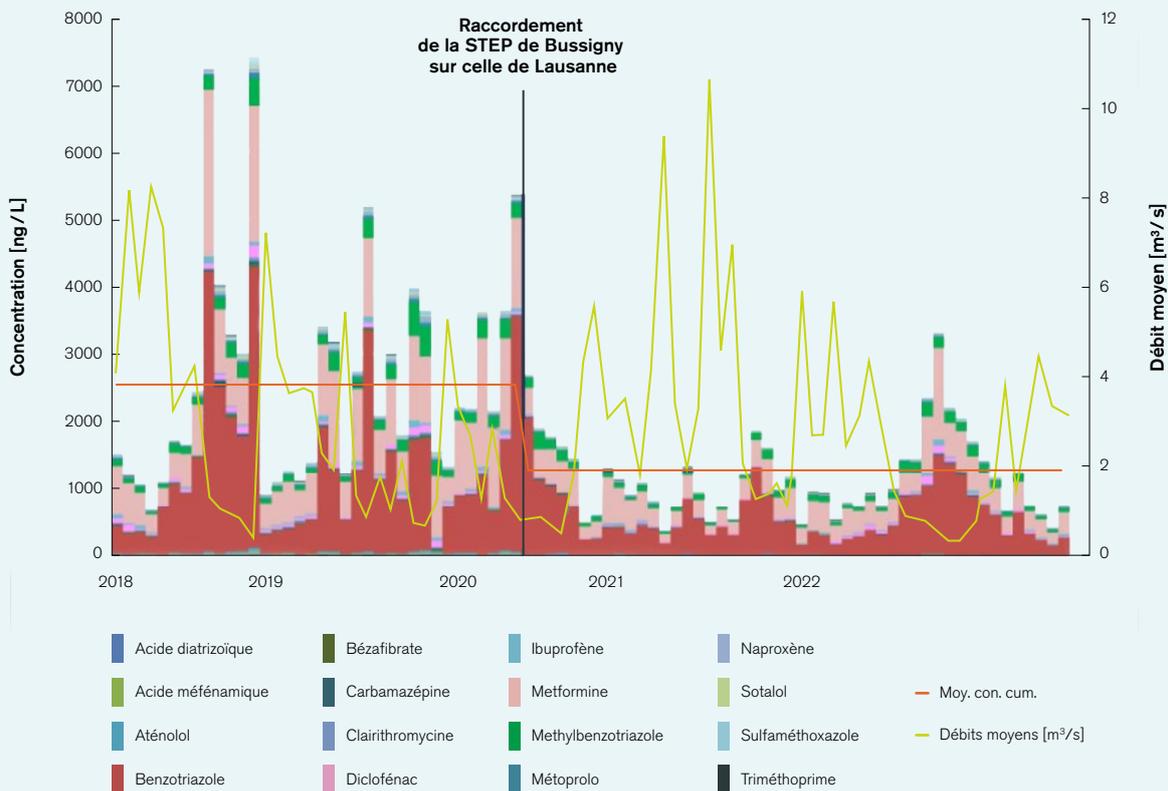


Figure Venoge 4: Concentrations cumulées [ng/L] de 16 substances à la station «Ecublens les Bois», mises en parallèle avec le débit moyen [m³/s] de la Venoge à Ecublens.

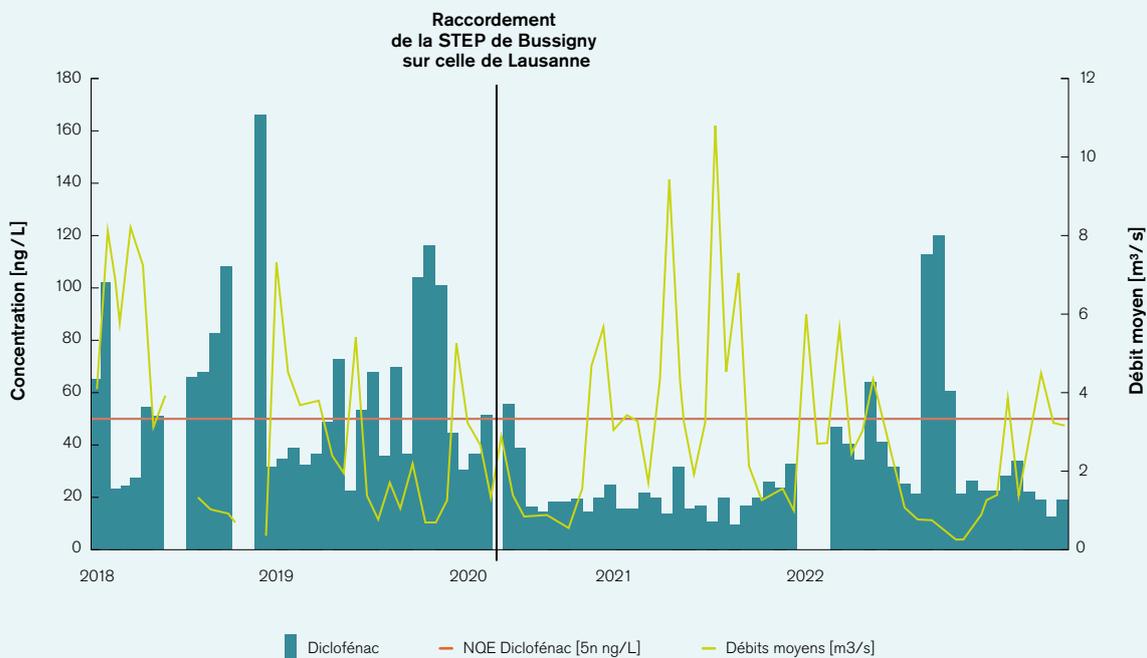


Figure Venoge 5: Concentrations en Diclofénac (anti-inflammatoire) comparées à la limite légale de 50 ng/L de l'Annexe 2 de l'O'Eau, mises en parallèle avec le débit moyen [m³/s] de la Venoge à Ecublens.

Peut-on encore faire mieux ?

La régionalisation de l'épuration des eaux usées dans la région Haute Venoge-Veyron (EHVV), qui consiste à regrouper 9 stations d'épuration (STEP) en une seule station moderne équipée d'un traitement des micropolluants à La Sarraz, devrait améliorer encore davantage la qualité de l'eau de la Venoge à partir de 2028.

Le regroupement des STEP de Colombier et Senarclens sur celle de Vullierens d'ici 2030 renforcera également le traitement des eaux usées des 5 communes concernées, incluant le traitement des micropolluants.

Dans le cadre du « Plan de protection de la Venoge » (PAC Venoge), approuvé par le Conseil d'État le 28 août 1997, de nombreux rejets polluants ont été identifiés et traités le long de la Venoge dans les années 2000. Malgré cela, quelques rejets subsistent et font l'objet de mesures dans le cadre du 3^e projet de décret (EMPD) du PAC Venoge.

Enfin, la partie aval du bassin versant de la Venoge est classée parmi les cinq Régions hydrographiques prioritaires du territoire dans le cadre de l'élaboration du Plan sectoriel de protection de la qualité des eaux (PSEaux-P). Cela permet la planification de nouvelles mesures, notamment la recherche des sources de pollution prévue lors de la mise en œuvre du PSEaux-P.



QUALITÉ BIOLOGIQUE DE 3 GRANDS COURS D'EAU

110

Comparaison de la qualité biologique de l'Orbe, la Broye et la Venoge

La qualité des cours d'eau reflète l'activité humaine présente dans leur bassin versant, avec une diversité accrue des sources de pollution dans les bassins versants plus vastes.

Dans le canton de Vaud, la qualité des eaux de surface s'est améliorée au fil des décennies, en grande partie grâce aux initiatives d'assainissement urbain telles que l'installation de stations d'épuration, la mise en place de réseaux d'évacuation des eaux, la réduction des rejets urbains polluants et des pratiques agricoles toujours plus respectueuses de l'environnement.

L'amélioration globale de la qualité des rivières est particulièrement visible sur des stations situées au-delà de 600 m d'altitude. Elle s'opère plus lentement pour ce qui est des stations situées dans les parties basses des bassins versants.

La santé des cours d'eau est intrinsèquement liée aux activités humaines.

Une analyse comparative de trois grands cours d'eau vaudois : l'Orbe, la Venoge et la Broye est présentée ici.

Les trois grands cours d'eau en quelques chiffres

L'Orbe

330 km²

surface du bassin versant

62 km

longueur du cours d'eau

La Venoge

230 km²

surface du bassin versant

38 km

longueur du cours d'eau

La Broye

850 km²

surface du bassin versant

79 km

longueur du cours d'eau

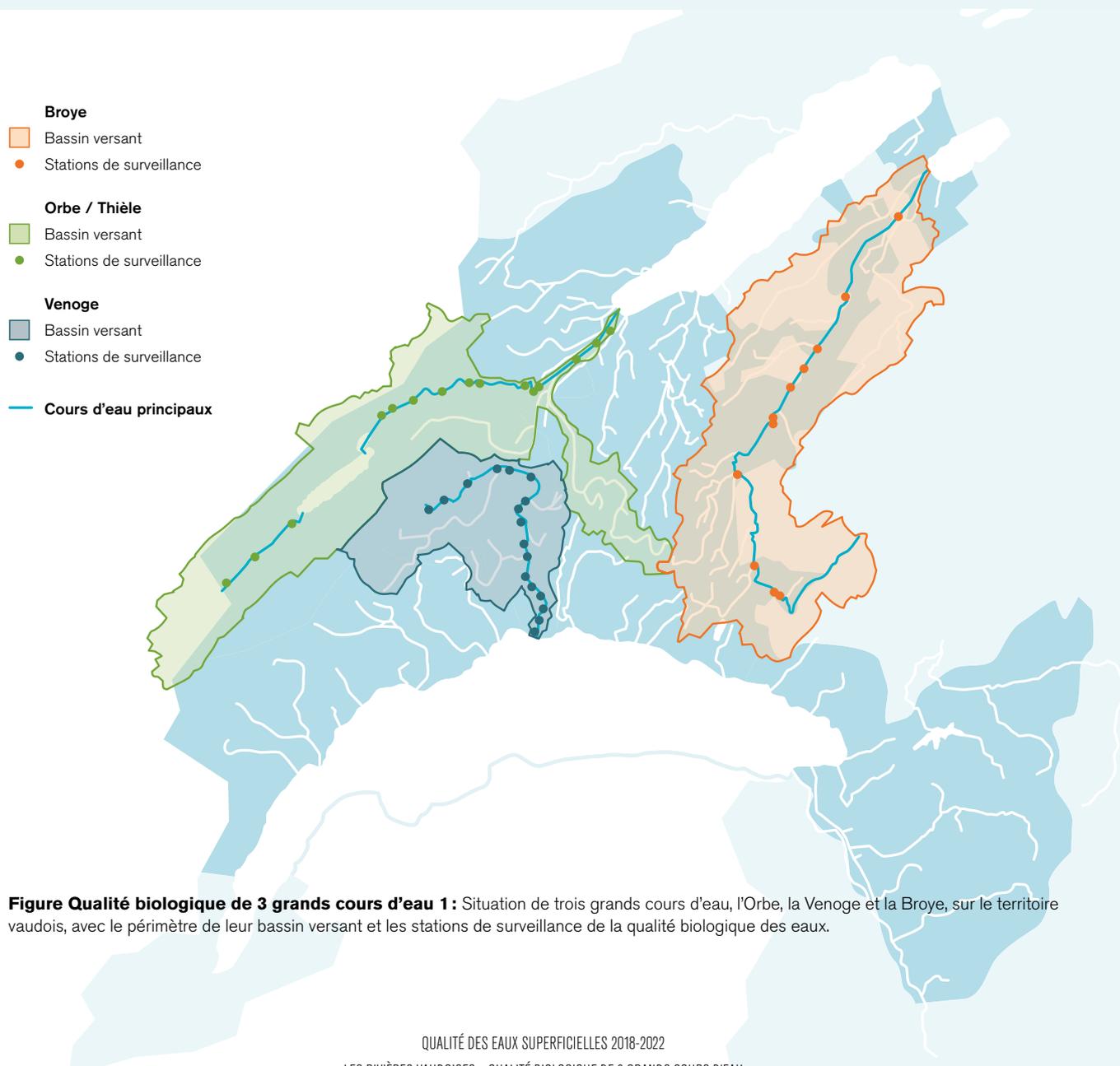


Figure Qualité biologique de 3 grands cours d'eau 1: Situation de trois grands cours d'eau, l'Orbe, la Venoge et la Broye, sur le territoire vaudois, avec le périmètre de leur bassin versant et les stations de surveillance de la qualité biologique des eaux.

La qualité biologique – c'est quoi ?

L'état biologique des cours d'eau est évalué en analysant les peuplements de macroinvertébrés aquatiques. Ces derniers, comprenant des larves d'insectes, des vers, des crustacés et des mollusques, sont sensibles aux conditions environnementales (pollutions, crues, étiages, perte d'habitats) et servent d'indicateurs de l'état écologique des cours d'eau.

Contrairement aux analyses physiques et chimiques, qui reflètent la situation à un instant donné, l'analyse des communautés d'invertébrés couvre une période plus longue (environ un an). De plus, la palette d'invertébrés informe également sur la diversité des habitats du cours d'eau, constituant une composante essentielle de leur qualité écologique.

La diversité des invertébrés est appréciée à partir des résultats d'identification à l'espèce de trois groupes d'insectes aquatiques : les éphéméroptères, plécoptères et trichoptères (appelés « EPT »), connus pour leur sensibilité à la pollution.

Ainsi, à partir des prélèvements de macroinvertébrés, une note biologique (IBCH¹⁹) est attribuée au cours d'eau, représentative de la diversité des habitats et de la qualité chimique de ses eaux. L'historique de ces évaluations, remontant à 1990 pour les cours d'eau vaudois, permet de suivre l'évolution de l'état biologique des eaux superficielles et de mesurer l'efficacité et la pertinence des programmes de mesures face aux impacts des activités humaines.



De gauche à droite : éphémère, plécoptère et trichoptère.



Une tendance à l'amélioration depuis 30 ans

Des différences de qualité écologique s'observent ainsi entre les différents bassins versants hydrologiques du canton. Trois grands cours d'eau vaudois ont été choisis pour illustrer ces différences : l'Orbe, la Broye et la Venoge. La qualité biologique de ces grands cours d'eau était largement déficitaire il y a plus de 30 ans et ne remplissait pas les exigences légales en matière de qualité écologique. Les efforts mentionnés plus haut, ainsi que l'introduction du Plan d'affectation cantonal de la Venoge (PAC Venoge) en 1991 ou encore l'augmentation des débits réservés sur l'Orbe amont ont contribué à remonter les notes de qualité dans les trois régions.

Ces dernières années, pour la première fois depuis le début du programme de surveillance, la qualité biologique moyenne de ces cours d'eau a atteint (pour l'Orbe) ou presque atteint (pour la Broye et la Venoge) le bon état biologique des communautés d'invertébrés (Figure 2). Cette amélioration s'explique notamment par une meilleure qualité chimique de l'eau. Cependant, l'augmentation de la richesse taxonomique pourrait également être attribuée au changement climatique ou, dans une moindre mesure, à l'amélioration des outils de laboratoire permettant un tri plus efficace et une meilleure identification des invertébrés échantillonnés, selon Haberthür (2021) et l'OFEV (2022).

En se basant sur des données historiques (1898 – 1996), une estimation du nombre total d'espèces que chacun de ces trois cours d'eau devrait abriter a été réalisée. Ce nombre d'espèces historique constitue un objectif à atteindre, puisque actuellement, les richesses en EPT observées atteignent généralement seulement la moitié de la richesse historique totale attendue pour la Venoge et la Broye (Figure 3).

Sur la période 1997 – 2021, seule la richesse en EPT de la Broye montre une tendance positive et significative. Avec une liste de 120 espèces EPT en 2005 (résultant d'un inventaire lié à l'actualisation de la liste rouge Suisse), l'Orbe confirme son potentiel biologique, bien que restant en deçà des richesses EPT historiquement observées.

Les efforts passés ont permis de restaurer une bonne qualité biologique dans la majorité des stations de l'Orbe.

En revanche, malgré une tendance à l'amélioration, la qualité biologique de la Venoge et de la Broye reste en deçà des objectifs attendus.

Par conséquent, des efforts supplémentaires seront nécessaires pour améliorer la qualité chimique des eaux et limiter les impacts du changement climatique sur la faune aquatique.

L'annexe 1 de l'ordonnance sur la protection des eaux (OEaux ; RS 814.201) fixe pour objectif de restaurer des communautés biologiques proches d'un état naturel, capables de se reproduire et présentant une composition et une diversité typiques d'un cours d'eau peu ou pas affecté par des pollutions ou des altérations morphologiques (endiguements, perte d'habitats, etc.).

Les résultats présentés ci-dessus doivent être interprétés avec prudence, car les méthodes employées actuellement (identification d'individus issus majoritairement de prélèvements IBCH) diffèrent de celles utilisées historiquement (combinaison de méthodes de recherche active d'espèces, échantillonnages plus fréquents par des experts, etc.).

Ce biais méthodologique a conduit à lancer en 2023 et 2024 une campagne spécifique de recherche active d'espèces prioritaires vaudoises sur plusieurs stations de monitoring, dont les résultats seront disponibles au printemps 2025. Cette étude visera également à évaluer la complémentarité des méthodes d'échantillonnage de la faune aquatique afin de constituer une liste exhaustive d'espèces EPT d'un cours d'eau, en vue d'une comparaison avec les données historiques et de la mise en place d'un indice biotique spécifique à ce groupe d'espèces.

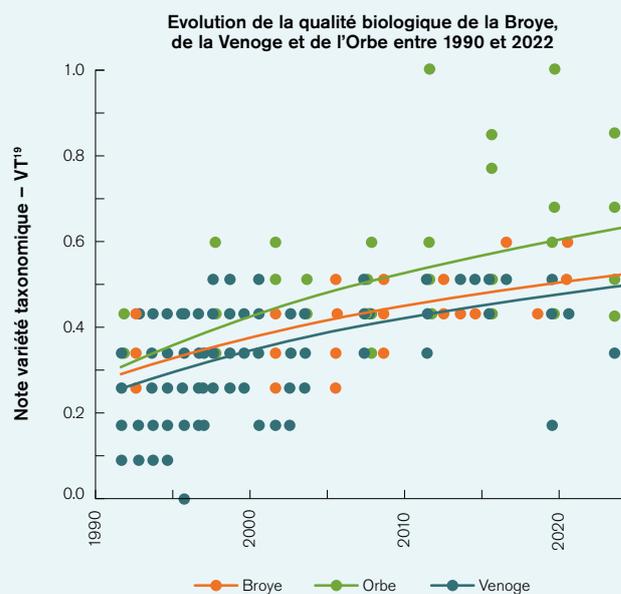
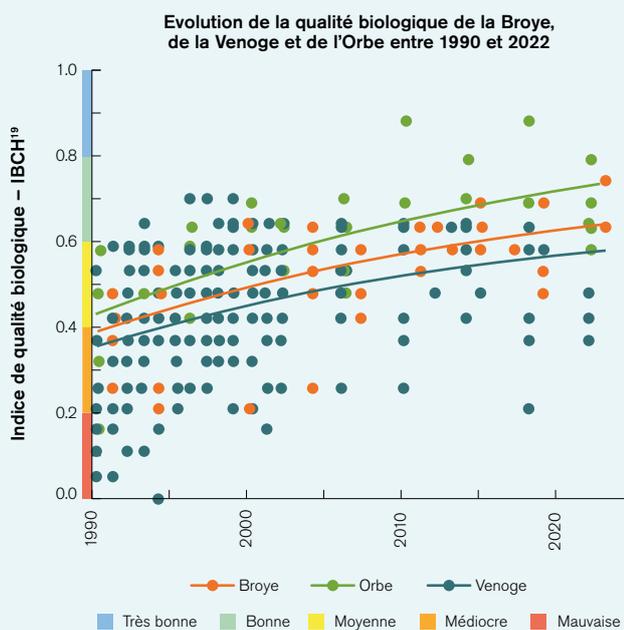


Figure Qualité biologique de 3 grands cours d'eau 2 : Evolution de la qualité biologique de la Broye, de la Venoge et de l'Orbe entre 1990 et 2022. Les courbes illustrent les tendances générales (moyennes annuelles de toutes les stations confondues) pour chaque cours d'eau. Les relevés ont été effectués selon la méthode IBGN de 1990 à 2010, respectivement IBCH¹⁹ de 2011 à 2022. A de noter que jusqu'en 2002, la méthode de terrain reposait sur six prélèvements, contre huit pour l'IBGN/IBCH.

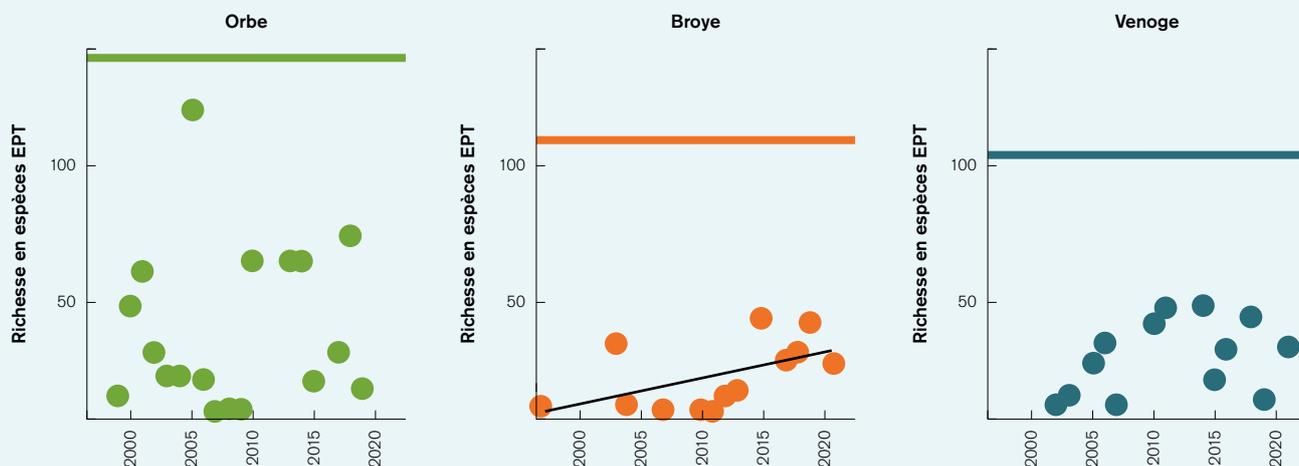


Figure Qualité biologique de 3 grands cours d'eau 3 : Evolution de la richesse totale en espèces d'éphéméroptères, plécoptères et trichoptères (EPT ; insectes aquatiques) sur les trois grandes rivières vaudoises. La richesse historique totale, symbolisée par un trait plein, est estimée à partir des données observées entre 1898 et 1996 sur chacune des trois rivières. L'augmentation de la richesse EPT en fonction du temps est significative sur la Broye seulement (p-value du modèle linéaire = 0.02).





La Broye, amont Lucens

Des efforts supplémentaires attendus

Pour atteindre un bon état écologique, les grands cours d'eau vaudois doivent retrouver une bonne qualité chimique de l'eau (absence d'excès de nutriments et faibles teneurs en contaminants) ainsi qu'une bonne qualité hydromorphologique (c'est-à-dire un tracé du lit du cours d'eau et une diversité d'habitats proches de l'état naturel).

En effet, bien que les indices cumulés phosphates-nitrates et nitrite-ammonium restent bons sur la plupart des stations de l'Orbe en 2021, des efforts sont nécessaires pour améliorer la qualité chimique des eaux des grands cours d'eau.

Dans les années à venir, le raccordement de nombreuses petites et moyennes stations d'épuration sur des installations modernes et performantes, couplées à des nouveaux procédés d'élimination des micropolluants, permettra encore d'améliorer l'efficacité d'épuration des eaux usées.

Dans ce contexte, la gamme des indicateurs utilisés jusqu'à présent devra certainement être élargie pour mieux évaluer l'impact de la réduction de ces substances dans les milieux aquatiques.

Enfin, pour restaurer les processus écologiques des cours d'eau, des projets de protection de la ressource en eau, de revitalisation mais aussi d'assainissement de la force hydraulique pourront également avoir un effet positif sur la qualité de l'eau et la faune aquatique.

Pour en savoir plus

Haberthür, M. 2021. *NAWA TREND biologie, Rapport technique macrozoobenthos, 3^e campagne (2019)*. p. 50.

OFEV. 2022. *Eaux suisses. État et mesures. Office fédéral de l'environnement, Berne. État de l'environnement n° 2207*. p. 93.

LES LACS VAUDOIS



Contexte

Dans le canton de Vaud, la diversité des lacs est remarquable, avec 82 lacs et étendues d'eau d'une superficie dépassant 0,5 hectare. D'un lac à l'autre, on trouve une grande palette de tailles, de formes et de caractéristiques spécifiques à chacun. Certains lacs, tels que le Léman, le plus grand d'entre eux, offrent des horizons vastes et dégagés, tandis que d'autres, comme les lacs de montagne, sont nichés au cœur de paysages pittoresques.

Ces lacs et autres plans d'eau revêtent une grande importance à la fois en tant que biotopes, habitats naturels et espaces de loisirs, mais aussi pour leur rôle crucial dans l'approvisionnement en eau potable.

Leur écomorphologie varie considérablement. Bien que certains lacs aient été artificialisés, limitant ainsi leurs fonctions naturelles, des efforts de planification stratégique des rives sont en cours, ouvrant la voie à des projets de renaturation qui pourront être entrepris à l'avenir.

Depuis les années 1980, le laboratoire de la protection des eaux de la Direction générale de l'environnement (DGE-PRE) procède à des analyses régulières de la qualité physico-chimique et biologique des principaux lacs du canton (Figure 1).

Les lacs de Joux, Lioson et Bret font l'objet d'une surveillance annuelle régulière. D'autres lacs, comme le lac Brenet, Bretaye et Chavonnes, sont surveillés à des intervalles différents selon chaque lac, allant de 5 à 10 ans. En outre, certains petits lacs font également l'objet d'une surveillance dans le cadre de projets spécifiques, tels que les lacs d'Aï, le Duzillet, le lac Retaud et le Versvey.

Et les grands lacs ?

Pour ce qui est des grands lacs chevauchant des frontières cantonales ou nationales, la surveillance du Léman est assurée par la Commission internationale pour la protection des eaux du Léman (CIPEL), tandis que les lacs de Morat et de Neuchâtel sont suivis en collaboration entre les cantons de Berne, Neuchâtel, Fribourg et Vaud (BENEFRIVD). Les données de surveillance de ces lacs sont accessibles et téléchargeables sur les sites suivants :

- [CIPEL](#)
- [BENEFRIVD](#)



Les plans d'eau dans le canton de Vaud en quelques chiffres

7

grands lacs

de plus de 50 ha, dont certains sont partagés avec les cantons voisins et des pays limitrophes

Jura : Lac de Joux, Lac Brenet

Plateau : Léman, Lac de Neuchâtel, Lac de Morat, Lac de Bret

Préalpes : Hongrin (artificiel)

75

étendues d'eau

d'une surface comprise entre 0.5 et 50 ha, dont seulement 6 sont d'origine naturelle

550

plans d'eau

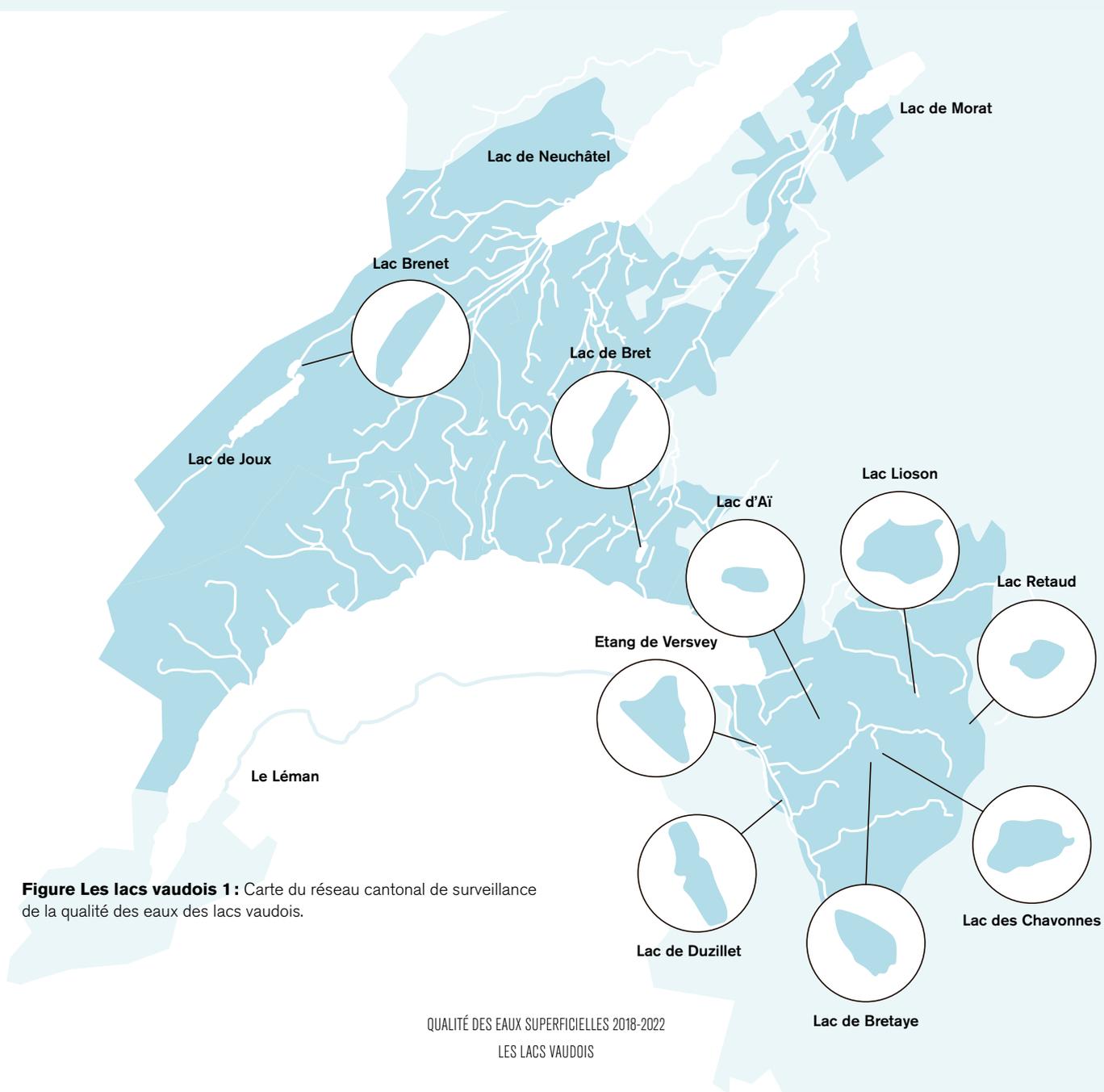
avec une surface inférieure à 0.5 ha

Jura : 122

Plateau : 321

Préalpes : 107

121





Prélèvements dans la zone littorale du Léman à Rivaz

Méthodes de surveillance de la qualité des lacs

L'évaluation de la qualité des eaux repose sur le *Système modulaire gradué (SMG)*^[2] de la Confédération, qui propose des méthodes fiables et standardisées. Cependant, seuls les modules *écomorphologie des rives lacustres*^[2] (2016) et *poissons*^[2] (2021) ont été récemment développés. Par conséquent, le suivi réalisé par la DGE-PRE se fonde principalement sur des méthodes publiées dans des rapports internes ou issues des normes européennes, certaines étant adaptées par la section Biologie des eaux. Des informations plus précises sur les cycles et les paramètres de mesure ainsi que sur les régions concernées figurent dans la *Stratégie de surveillance et de protection de la qualité des eaux superficielles du Canton*^[2].

La qualité des lacs est influencée par une multitude de facteurs, résultant de l'interaction complexe entre les composantes naturelles et humaines de leur environnement. Ces influences diverses peuvent être regroupées en plusieurs catégories principales.

En premier lieu, les facteurs naturels jouent un rôle essentiel. La géologie du bassin versant, la topographie, le climat et la végétation environnante exercent tous une influence sur les caractéristiques chimiques des eaux lacustres.

Par exemple, la composition géologique du sol peut influencer la teneur en composés minéraux et organiques dissous dans l'eau, tandis que des phénomènes météorologiques tels que la pluviométrie, le vent et les variations de température agissent sur le brassage et la stratification du lac, favorisant ainsi les échanges chimiques entre les différentes couches du lac. Ces échanges ont un impact significatif sur divers processus biologiques, tels que la production du plancton, car ils redistribuent les nutriments et l'oxygène dissous à travers toute la colonne d'eau du lac.

Les activités humaines ont également un impact significatif sur la qualité de l'eau des lacs. Les rejets liés à l'agriculture, l'industrie, l'urbanisation et les activités récréatives peuvent entraîner une augmentation des niveaux de nutriments, de métaux lourds et de substances chimiques dans l'eau. Cette augmentation peut favoriser la prolifération d'algues nuisibles, de cyanobactéries et d'autres organismes indésirables, conduisant ainsi à une détérioration de la qualité de l'eau.

Enfin, les changements climatiques globaux représentent une menace croissante pour les lacs. Les variations de température, les précipitations irrégulières et l'augmentation des phénomènes météorologiques extrêmes peuvent avoir des effets indésirables sur l'écosystème lacustre, tout en altérant la disponibilité en eau.



BILAN DE SANTÉ

124

Bilan de santé des lacs vaudois

La qualité physico-chimique et biologique des eaux des principaux lacs du canton de Vaud est suivie depuis les années 1980.

Les lacs de Joux, Lioson et Bret font l'objet d'une surveillance annuelle régulière. Pour d'autres lacs tels que le lac Brenet, Bretaye, Chavonnes et Retaud, la fréquence de surveillance varie en fonction de chaque lac.

Les grands lacs qui traversent les frontières cantonales ou nationales sont également surveillés différemment: la surveillance du Léman est assurée par la Commission internationale pour la protection des eaux du Léman (CIPEL), tandis que les lacs de Morat et de Neuchâtel font l'objet d'une surveillance en collaboration avec les cantons de Berne, Neuchâtel, Fribourg et Vaud (BENEFRIVD).

Un bilan de santé générale des lacs est présenté ci-après, incluant leur état trophique ainsi que les niveaux de phosphore, azote, oxygène, chlorophylle, chlorures, et autres paramètres pertinents.



Prélèvement sur le lac de Joux

Paramètres	Unités	Joux ¹ – 2022			Bret ¹ – 2022			Lioson ² – 2022		
		Moy.	Min.	Max	Moy.	Min.	Max	Moy.	Min.	Max
pH		8.4	8.1	8.5	8.2	8.0	8.3	8.4	-	-
Conductivité	µS/cm à 25°	277	261	294	363	269	423	171	-	-
Carbone organique total	mg C/L	3.24	3.11	3.40	4.26	3.46	4.78	0.76	-	-
Ammonium	mg N/L	0.021	0.006	0.055	0.107	0.021	0.250	0.018	-	-
Nitrite	mg N/L	0.003	0.001	0.010	0.012	0.001	0.026	0.001	-	-
Nitrate	mg N/L	0.083³	0.060	0.100	0.829	0.050	1.440	0.050	-	-
Azote total	mg N/L	0.35	0.25	0.54	1.40	0.67	2.01	0.25	-	-
Orthophosphate	µg P/L	3	3	4	6	3	9	3	-	-
Phosphore total	µg P/L	14	9	24	30	22	43	3	-	-
Chlorure	mg/L	9.56	9.15	9.83	16.9	15.6	18.2	0.5	-	-
Fer fond	mg/L	0.11	0.01	0.42	0.50	0.05	2.00	0.16	-	-
Manganèse fond	mg/L	0.04	0.01	0.20	0.10	0.01	0.33	0.05	-	-

Paramètres	Unités	Brenet ¹ – 2019			Bretaye ⁴ – 2018			Chavonnes ¹ – 2018		
		Moy.	Min.	Max	Moy.	Min.	Max	Moy.	Min.	Max
pH		8.2	8.2	8.2	7.8	7.1	8.7	8.0	7.5	8.5
Conductivité	µS/cm à 25°	253	235	282	218	142	268	173	146	190
Carbone organique total	mg C/L	3.99	3.30	4.37	2.71	1.94	2.91	1.45	1.34	1.55
Ammonium	mg N/L	0.018	0.013	0.023	0.201	0.037	0.939	0.062	0.020	0.103
Nitrite	mg N/L	nd	nd	nd	0.001	nd	0.002	0.002	0.001	0.002
Nitrate	mg N/L	0.123¹	0.050	0.240	nd	nd	nd	0.165	0.100	0.230
Azote total	mg N/L	0.49	0.40	0.61	0.60	0.37	1.49	0.415	0.380	0.450
Orthophosphate	µg P/L	nd	nd	nd	2	nd	8	< 5	< 5	< 5
Phosphore total	µg P/L	18	10	26	111	22	503	9	6	12
Chlorure	mg/L	10.27	10.03	10.43	1.11	0.50	1.89	nd	nd	nd
Fer fond	mg/L	0.23	0.02	0.35	1.5	0.2	4.0	1.2	0.3	2.0
Manganèse fond	mg/L	0.02	nd	0.02	0.18	0.10	0.30	0.9	0.4	1.4

1 Moyenne annuelle pondérée par le volume des couches d'eau.

2 Moyenne pondérée par le volume des couches d'eau sur le prélèvement de 2022.

3 Les valeurs individuelles mesurées oscillent entre non décelée (limite de détection de 0.1 mgN/L) et <LOQ (limite de quantification de 0.2 mgN/L). Le calcul utilise la moitié de la valeur de la limite de détection ou de la limite de quantification pour le calcul sur couche.

4 Moyenne annuelle sur toutes les profondeurs.

Tableau Bilan de santé 1 : Caractéristiques physico-chimiques des lacs entièrement sur territoire vaudois sur la dernière campagne de surveillance.

Une baisse significative du phosphore dans les lacs, bilan plus contrasté pour l'azote

En Suisse, comme dans de nombreux pays, des efforts considérables ont été déployés pour réduire les niveaux de phosphore dans les lacs afin de lutter contre l'eutrophisation, à partir des années 80, grâce à la construction de stations d'épuration, l'interdiction des phosphates dans les lessives (décrétée en 1986 par le Conseil Fédéral) et l'introduction, en 1997, des prestations écologiques requises (PER) pour l'agriculture.

Le saviez-vous ?



Les apports de phosphore dans les lacs proviennent de différentes sources :

- Des eaux usées traitées (STEP) ou déversées (réseaux) en milieu urbain
- Du ruissellement urbain lessivant les surfaces imperméables (déchets organiques et inorganiques)
- Des excédents d'engrais de ferme (lisier et fumier) et engrais chimiques, transférés par lessivage, et de l'érosion des sols agricoles
- De la décomposition de matière organique naturelle (débris végétaux)
- De dépôts atmosphériques

La concentration moyenne annuelle en phosphore total observée dans les grands lacs du canton (Figure 1) a généralement diminué au cours des dernières décennies. Lors de la dernière campagne de 2022, elle se situait à 14 µg/L pour le **lac de Joux**, 8 µg/L dans le **lac de Neuchâtel**, et 17 µg/L pour le Léman. Cependant, dans d'autres lacs, les concentrations restent plus élevées ou très variables. Par exemple, la concentration dans le **lac de Bret** varie entre 20 et 32 µg/L selon les années, et entre 10 et 33 µg/L dans le **lac de Morat**.

Ces grands lacs peuvent être classés selon des états trophiques allant de l'oligotrophe (lac de Neuchâtel) au méso-eutrophe (lacs de Bret et de Morat). Dans la plupart des cas, les concentrations de phosphore respectent les exigences de l'ordonnance de la protection des eaux (OEaux ; RS 814.201). Pour le Léman, les concentrations sont également proches des recommandations de la CIPEL.

Dans les lacs de plus petit volume mais possédant encore une profondeur importante (moyenne de 28 mètres sur les

lacs **Lioson** et **Chavonnes**), les concentrations de phosphore indiquent une eau faiblement contaminée par des apports anthropiques (entre 3 et 9 µg/L sur une moyenne estivale).

Le **lac de Bretaye**, dont la profondeur n'excède pas 10 m, accumule beaucoup de phosphore en raison de son faible volume d'eau et de sa situation dans une cuvette sans exutoire (valeur moyenne en phosphore de 111 µg/L lors de la dernière campagne réalisée en 2018).

Pendant les années d'eutrophisation (années 1960 – 1980), une partie du phosphore introduit dans les lacs s'est accumulée dans les sédiments du fond. Dans les lacs où l'oxygène est rare, ce phosphore est régulièrement libéré des sédiments chaque année, principalement du printemps à l'automne. Ce processus peut conduire à des concentrations élevées de phosphore total près du fond pendant certaines saisons, créant ainsi des écarts importants entre la surface et le fond. Par exemple, selon les dernières études, le lac de Bretaye présente la concentration la plus élevée en phosphore au fond (740 µgP/L). Pour certains autres lacs comme ceux de Joux, Brenet, Lioson et Chavonnes, on observe une réduction de cette différence, probablement due à la diminution des apports externes de phosphore et à une réduction progressive de la quantité de phosphore dans les sédiments.

En ce qui concerne **l'azote total**, les concentrations dans les lacs n'ont pas diminué autant que celles du phosphore au cours des dernières décennies. Le lac de Bret contient la concentration la plus élevée en azote total parmi les autres lacs (1.4 mg/L en 2022). Les sources principales d'apports d'azote dans les eaux sont les eaux usées et l'agriculture, responsables à plus de 80% des apports selon l'Office fédéral de l'environnement. Bien que l'azote ne soit pas généralement considéré comme une cause principale d'eutrophisation des lacs de plaine, un rapport élevé et non naturel entre les concentrations d'azote et de phosphore pourrait favoriser la prolifération de certaines cyanobactéries et avoir des répercussions sur toute la chaîne alimentaire (Knapp & Posch 2022).

Il existe également une légère différence entre les valeurs mesurées au fond des lacs par rapport à celles en surface, ce qui indique des processus de stockage et de relargage par les sédiments. Cependant, les charges d'azote sont significativement moindres que celles de phosphore en raison de la dénitrification, un processus naturel par lequel les bactéries transforment les nitrates en azote gazeux.

L'eutrophisation, c'est quoi ?

Les végétaux aquatiques se développent grâce à la lumière et aux éléments minéraux nutritifs (phosphore, azote) naturellement présents dans l'eau. Lorsque les nutriments se retrouvent en grande quantité, cela conduit à un enrichissement des lacs, ce qui amène à des proliférations d'algues et de cyanobactéries. On parle alors d'eutrophisation du milieu.

Lorsque ces grandes quantités d'algues et de cyanobactéries meurent, elles se déposent au fond du lac et sont décomposées par des microorganismes (bactéries, champignons). Ce processus consomme rapidement l'oxygène disponible, ce qui peut entraîner la mort des poissons et de la macrofaune benthique, tels que les vers et les larves d'insectes.

La trophie représente le degré de production algale du lac et peut être mesuré par différents paramètres, notamment la concentration en phosphore. Le lac est ainsi classé en : oligotrophe, mésotrophe, eutrophe et hypertrophe selon sa concentration croissante en nutriments.

Objectifs de qualité des lacs

4 mg/L = teneur minimale critique en oxygène dissous exigée par l'Annexe 2 de l'OEaux pour que les animaux sensibles tels que les vers puissent peupler le fond des lacs durant toute l'année.

De plus, l'OEaux exige qu'un lac possède au maximum un niveau moyen d'eutrophisation (état mésotrophe). Selon le système de classification trophique de l'OCDE¹, cela requiert, entre autres, une concentration de phosphore inférieure ou égale à **35 µg/L** (moyenne annuelle pondérée entre la surface et la couche profonde, Vollenweider & Kerekes 1982).

Pour le Léman, la CIPEL² recommande un objectif proche de **15 µg/L** de phosphore total pour permettre la production d'eau potable et un peuplement piscicole de qualité.

1 OCDE: Organisation pour la Coopération et le Développement Economique¹²
2 CIPEL: Commission Internationale pour la Protection des Eaux du Léman¹²

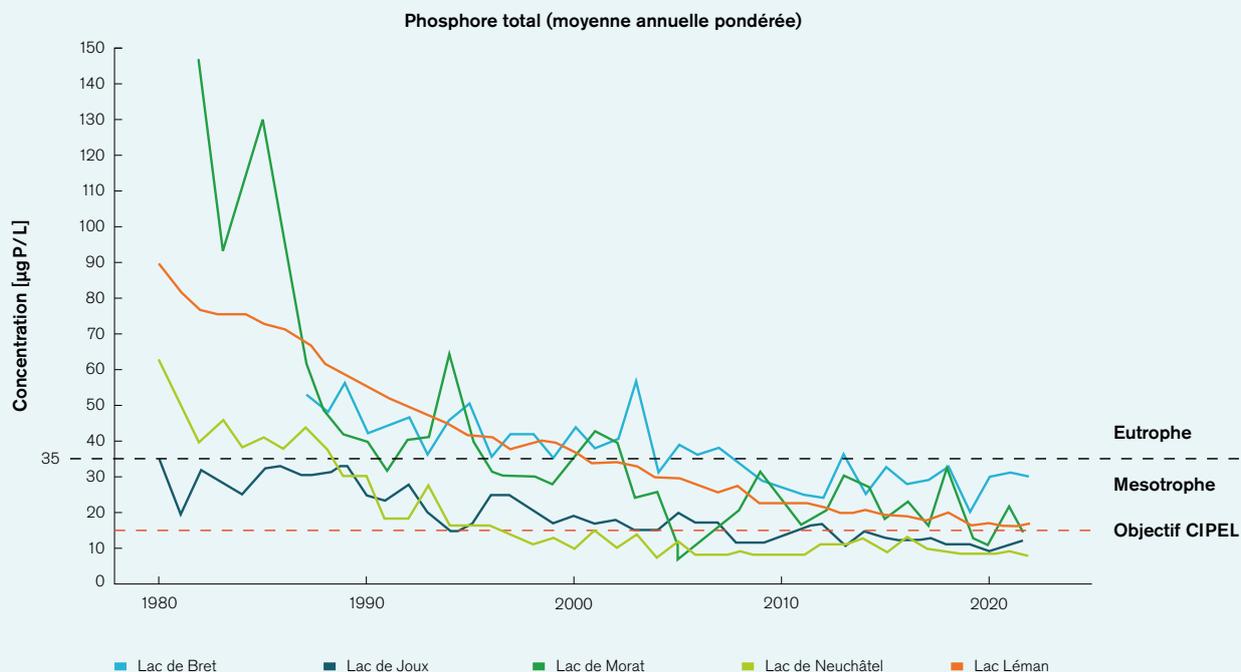


Figure Bilan de santé 1 : Evolution annuelle des concentrations en phosphore total dans les grands lacs du canton de Vaud et limitrophes, entre 1980 et 2022. La ligne en trait interrompu noire indique la limite entre eutrophie et mésotrophie (degré maximum d'eutrophisation acceptable selon l'OEaux). La ligne en trait interrompu rouge indique l'objectif de la CIPEL pour le Léman.

La chlorophylle : concentration stable à variable suivant les lacs

Les variations de chlorophylle-a (chl_a) dans les lacs sont intimement liées à leur état trophique, c'est-à-dire à leur niveau de production algale. La chlorophylle est un pigment vert essentiel à la photosynthèse des plantes aquatiques, y compris les algues. Ainsi, la concentration de chl_a dans un lac sert d'indicateur de mesure de la biomasse de phytoplancton et d'algues présentes, souvent influencée par la disponibilité des nutriments, notamment le phosphore.

Surveiller les concentrations de chl_a dans les lacs est crucial car cela offre des informations précieuses sur l'état écologique général et sur le degré d'eutrophisation. Des concentrations élevées de chl_a sont souvent associées à un état eutrophe ou hypertrophe, non conforme aux dispositions légales en matière de qualité des eaux.

En 2022, dans le Léman, le lac de Neuchâtel et le lac de Morat, les concentrations en chl_a mesurées entre 0 et 20 mètres de profondeur indiquent un état mésotrophe, conforme aux dispositions de l'OEaux (Figure 2). La relative stabilité de ces valeurs au cours des 20 dernières années peut sembler surprenante, surtout si l'on considère la diminution significative du

phosphore observée pendant la même période. Cette réduction du phosphore est parfois contrebalancée par une amélioration de la transparence de l'eau, permettant ainsi au phytoplancton de proliférer à des profondeurs accrues, passant par exemple de moins de 10 mètres à plus de 20 mètres. Il est également possible que la diminution du phosphore ait été partiellement compensée par les changements climatiques, notamment par une augmentation de l'ensoleillement et une prolongation de la période de stratification du lac.

Au cours des dix dernières années, les concentrations de chlorophylle mesurées entre 0 et 10 mètres de profondeur sur les lacs de Bret et Joux indiquent un état oscillant entre le stade mésotrophe et eutrophe. Dans le cas du lac de Joux, la biomasse du phytoplancton reste relativement élevée principalement en raison de la présence abondante de la cyanobactérie *Planktothrix spp.* Bien que moins abondante qu'auparavant, cette cyanobactérie persiste dans le lac car elle possède la capacité de se développer même avec une faible concentration en phosphore. Quant au lac de Bret, les concentrations de chl_a relativement élevées s'expliquent par le maintien de concentrations encore significatives de phosphore.

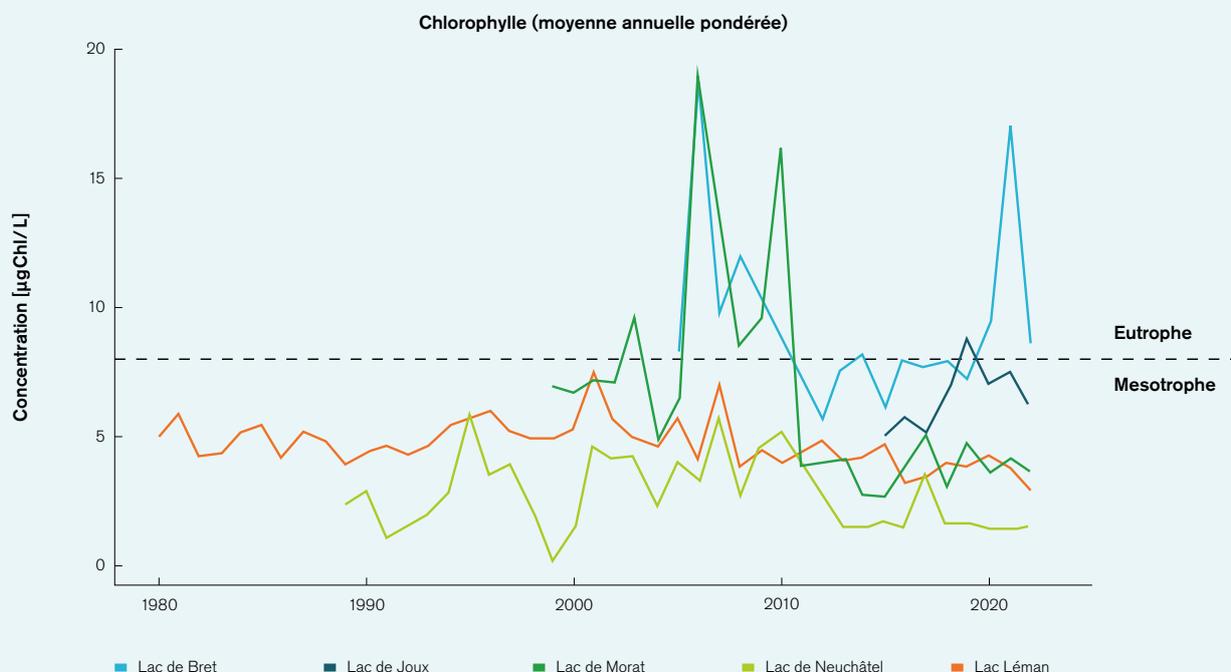


Figure Bilan de santé 2 : Evolution annuelle des concentrations en chlorophylle (indicateur de la biomasse du phytoplancton) dans les grands lacs du canton entre 1980 et 2022. La ligne en trait interrompu indique la limite entre eutrophie et mésotrophie (degré maximum d'eutrophisation acceptable selon l'OEaux).

Les chlorures : augmentation régulière des concentrations

Les chlorures sont naturellement présents dans les eaux à de faibles concentrations (2 à 4 mg/L). Les excès proviennent principalement d'activités humaines telles que le salage des routes, l'utilisation d'engrais agricoles, les précipitants provenant des stations d'épuration, ainsi que les rejets industriels. Depuis les années 1980, ces concentrations ont tendance à augmenter au fil du temps (Figure 3).

Dans le lac de Joux, par exemple, la concentration en chlorure a augmenté jusqu'en 2011 avant de diminuer et de se stabiliser autour de 10 mg/L. Depuis le début des relevés en 1980, cette concentration a doublé. Cette tendance est également observée dans d'autres lacs suisses où les concentrations en chlorures continuent d'augmenter.

Le lac de Morat présente la concentration la plus élevée en chlorure, approchant les 25 mg/L. Cette valeur dépasse la valeur seuil recommandée de 20 mg/L par l'EAWAG, principalement en raison de son volume d'eau plus restreint par rapport au Léman ou au lac de Neuchâtel.

Concernant le lac de Bret, des variations ont été observées au fil des années, mais la concentration moyenne observée en 2022 reste proche de celle enregistrée en 1987.

Les valeurs seuils pour les chlorures

En Suisse, il n'existe pas de limite légale spécifique pour les chlorures dans les eaux de surface. Les valeurs seuils varient considérablement à l'échelle internationale, allant de 50 à 230 mg/L selon les pays.

Pour les eaux souterraines utilisées à des fins de production d'eau potable, la Suisse impose un seuil maximal de 40 mg/L (OEaux, Annexe 2.2.22). L'EAWAG (Boller M. & Bryner A. 2016) recommande plutôt une valeur seuil de 20 mg/L pour l'eau potable en Suisse.

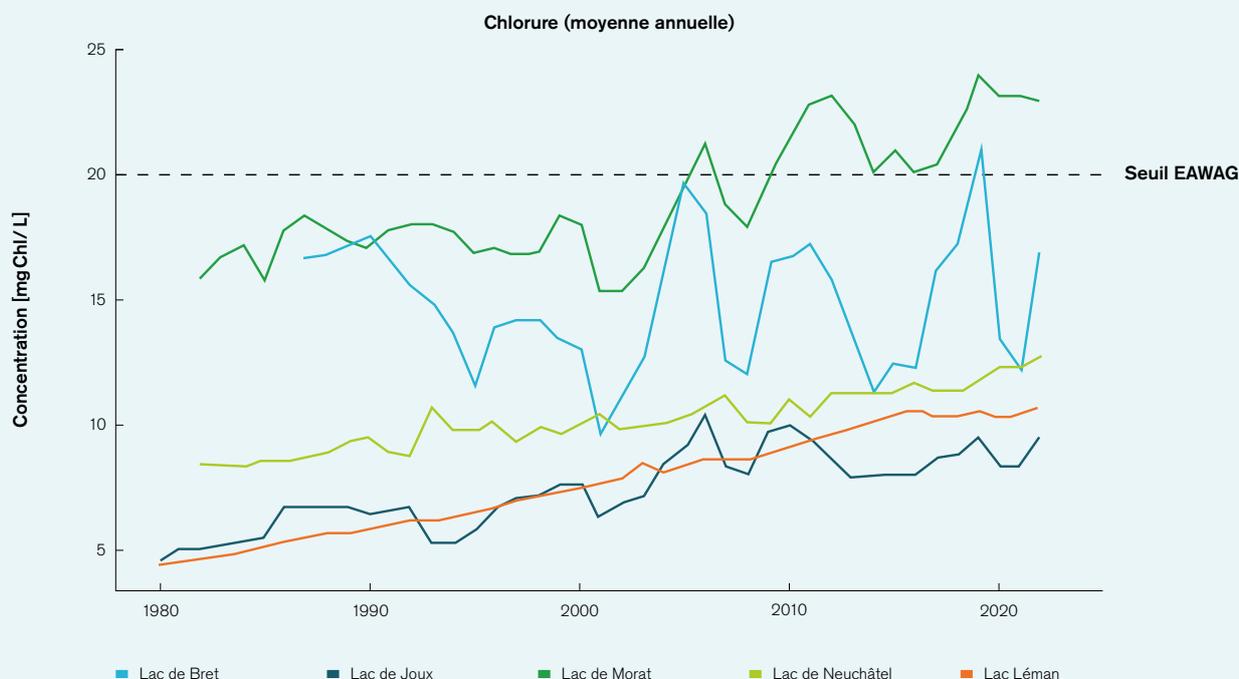


Figure Bilan de santé 3 : Evolution annuelle des concentrations en chlorures dans les grands lacs du canton de Vaud entre 1980 et 2022. La ligne en trait interrompu indique la concentration maximale pour l'eau potable recommandée par l'EAWAG.

Oxygénation des lacs : des déficits marqués dans les couches profondes des lacs

La qualité de l'oxygénation des couches profondes varie de bonne à insatisfaisante selon l'état trophique des lacs et leur profondeur. Dans le lac de Neuchâtel, classé comme oligotrophe, et dans le lac de Bretaye, dont la faible profondeur favorise l'oxygénation, l'oxygène est maintenu à un niveau considéré comme bon tout au long de l'année, respectant ainsi le seuil de 4 mg/L établi par l'OEaux.

En été, les mesures d'oxygène dans les couches profondes des lacs de Joux, Brenet et Bret montrent par contre souvent des valeurs inférieures au seuil de 4 mg/L (Figure 4). Cette situation reflète une production de biomasse algale encore trop importante qui s'explique probablement par une charge de phosphore excédentaire liée à des apports externes au lac (eaux usées, agriculture) et/ou à un relargage interne depuis les sédiments du lac.

Au niveau du lac Lioson, un déficit d'oxygénation est observé dès 20 m de profondeur de juin à novembre lors des périodes hors gel du fait de la limitation naturelle du mélange des eaux.

L'oxygénation en bref



L'apport d'oxygène depuis les eaux de surface riches en oxygène vers les couches d'eau profondes est crucial pour les organismes aquatiques.

Du printemps à l'automne, les lacs connaissent une stratification estivale où l'eau de la couche supérieure, chauffée par le soleil, reste largement séparée des couches inférieures plus fraîches, ce qui limite leur oxygénation. Ce n'est qu'à la fin de l'automne, lorsque l'air se refroidit et que la couche supérieure devient plus dense, qu'elle commence à descendre.

Cette circulation saisonnière parvient souvent à mélanger complètement les eaux des lacs. Ainsi, après plusieurs mois de séparation, de l'oxygène frais parvient dans les eaux profondes, permettant aux lacs de « respirer » à nouveau. Ce processus favorise également la remontée des nutriments vers la surface.

Le changement climatique menace les succès de la protection des eaux

Le réchauffement climatique prolonge les périodes de stratification estivale et diminue la profondeur du brassage des eaux, ce qui limite et retarde l'apport d'oxygène au fond des lacs.

En outre, l'augmentation des températures de l'eau pendant l'été a un impact sur les organismes aquatiques qui dépendent majoritairement d'une température fraîche pour leur survie.

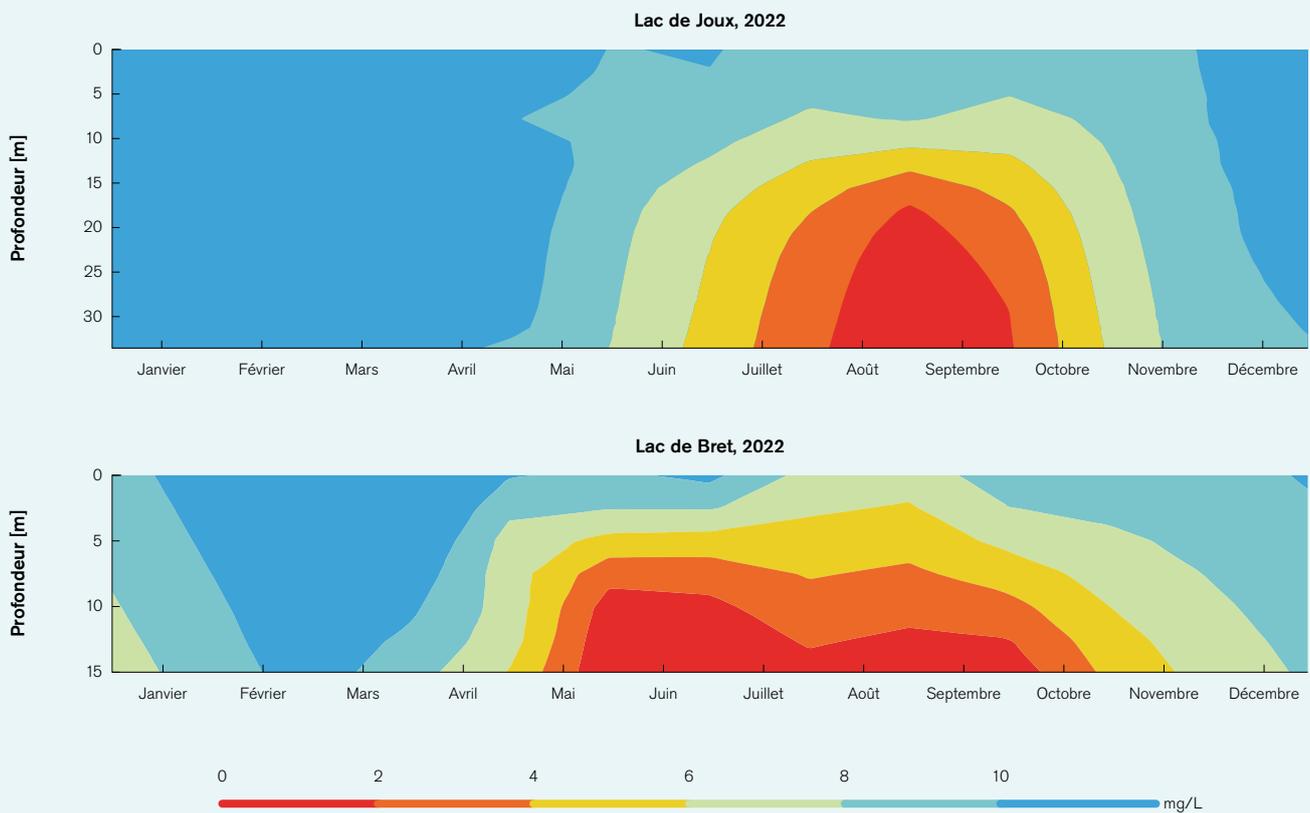


Figure Bilan de santé 4 : Evolution mensuelle des concentrations en oxygène dissous dans les lacs de Joux et de Bret en 2022. Les zones en rouge et orange, avec une oxygénation en dessous de 4 mg/L, montrent un déficit d'oxygénation par rapport à l'OEaux.



Le lac des Chavonnes, un fonctionnement très particulier !

Situé dans une cuvette fermée au sud par une falaise rocheuse, ce lac, dont la profondeur atteint 28 mètres, voit ses eaux s'infiltrer dans le milieu souterrain pour ressortir ensuite dans le ruisseau de la Forclaz.

Ce lac fonctionne naturellement comme un piège à sels minéraux et présente les caractéristiques d'un lac « méromictique », c'est à dire qu'il se comporte comme deux lacs distincts. Les eaux sont oxygénées et se mélangent saisonnièrement uniquement jusqu'à une profondeur d'environ 10 mètres.

En dessous, les concentrations élevées en sels forment une barrière chimique qui empêche tout mélange supplémentaire. Ces eaux sont pratiquement dépourvues d'oxygène dissous, ne permettant la vie qu'à des microorganismes comme les bactéries du soufre.

Ce lac subit des variations naturelles importantes de son niveau d'eau, avec des périodes de hautes eaux au début de l'été, consécutives à la fonte des neiges, et des périodes de basses eaux en automne. Ces fluctuations peuvent atteindre une amplitude de 8 à 9 mètres.





Lac Lioson

Conclusion

En résumé, depuis les années 1980, la qualité des lacs a montré une évolution contrastée selon les différents paramètres étudiés. Bien que les concentrations en phosphore aient généralement diminué, l'oxygénation des couches profondes de certains lacs demeure critique.

Cela peut être attribué à des concentrations encore élevées en nutriments dans les lacs méso-eutrophes, à un processus de rétablissement en cours pour ceux en convalescence, ainsi qu'à d'autres facteurs tels que le changement climatique.

En parallèle, d'autres problèmes hérités du passé comme la pollution par les chlorures sont en augmentation.

Pour restaurer pleinement la santé des lacs, des efforts continus seront nécessaires pour résoudre les problèmes existants et prévenir l'émergence de nouvelles formes de pollution.

Pour en savoir plus

Boller M. & Bryner A. 2016. *Questions fréquentes sur le salage des routes*. EAWAG.

Knapp, D. & Posch, T. 2022. *Modification des rapports entre l'azote et le phosphore dans les lacs – Conséquences possibles pour la structure des réseaux trophiques dans les lacs suisses*. Projet mandaté par l'Office fédéral de l'environnement OFEV, Berne. 65 pp.

OFEV. 2021. *Rapport de concentration entre l'azote (N) et le phosphore (P) dans les lacs suisses dans le contexte du postulat n° 15.3795 de la CEATE-N « État des lieux de la situation des lacs et cours d'eau de Suisse en matière de pêche »*. Élaboré à l'intention de la CEATE-N. Référence BAFU-447.42-2747. 6 pp.

OFEV. 2022. *Eaux suisses. État et mesures*. Office fédéral de l'environnement, Berne. *État de l'environnement n° 2207*: 93 pp.

Vollenweider, R.A. & Kerekes, J. 1982. *Eutrophication of Waters: Monitoring, Assessment and Control. Report of the Cooperative Program on Eutrophication*. Organization for the Economic Development and Cooperation, Paris.

ESPÈCES INVASIVES

134

Espèces invasives dans les grands lacs : état des lieux et perspectives

Les espèces invasives ont un impact important sur la qualité écologique des lacs en Suisse. Il est donc nécessaire d'engager des mesures de protection de ces écosystèmes.

Grâce au programme de suivi actuel effectué par le Canton de Vaud, il est possible d'élaborer une stratégie de détection des futures espèces invasives et de prédire leur potentiel d'invasion.

Depuis le début du 20^{ème} siècle, le nombre d'espèces d'invertébrés aquatiques introduites dans les grands lacs a rapidement augmenté en relation avec la mondialisation et l'ouverture des canaux de navigation.

Profitant de ces nouvelles voies d'invasion, près d'une vingtaine d'espèces d'invertébrés aquatiques introduites en provenance des régions ponto-caspiennes, asiatiques et nord-américaines ont été dénombrées en Suisse depuis 1960. L'impact sur la faune locale, lié à l'arrivée de nouvelles espèces invasives, peut générer des phénomènes de transmission de maladies, compétition, prédation, hybridation, etc.

Une fois installées, les espèces invasives sont souvent impossibles à éradiquer et leurs effets sur l'écosystème restent difficile à limiter. En plus de leur impact écologique, les espèces invasives peuvent aussi entraîner des conséquences socio-économiques : baisse de rendement de la pêche, dépenses supplémentaires liées à l'entretien d'infrastructures, etc.

L'expansion de ces espèces invasives risque de continuer voire peut-être de s'accroître du fait des changements climatiques.

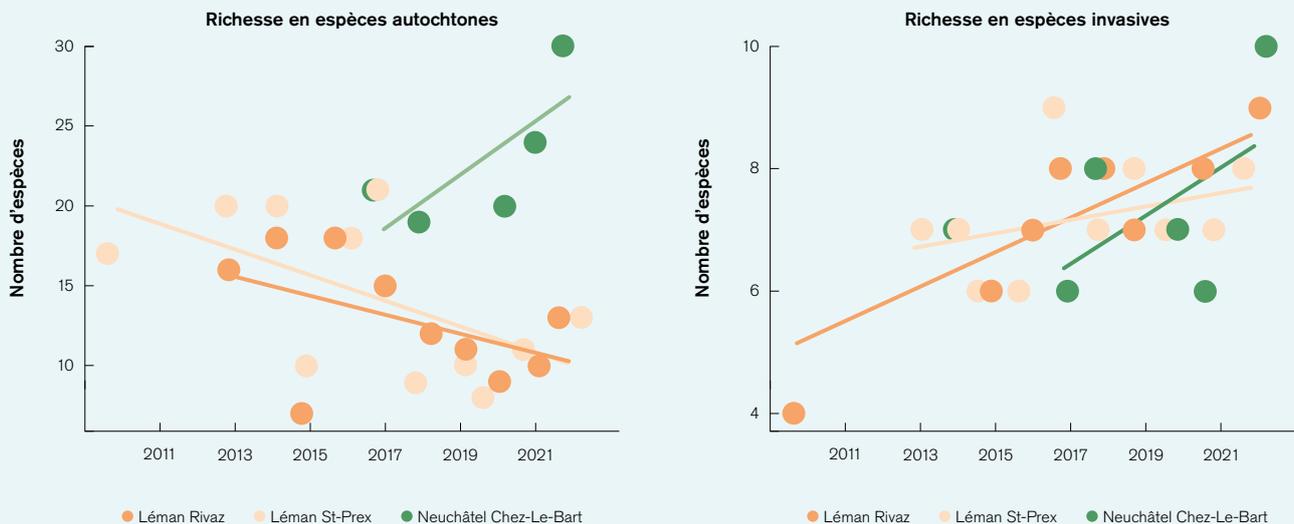


Figure Espèces invasives 1 : Evolution de la richesse en espèces autochtones («diversité biologique indigène») et invasives entre 2009 et 2021. Les courbes représentent les tendances observées sur chacune des trois stations étudiées.

Programme de suivi et de surveillance

Le suivi de la faune benthique littorale du Léman et du lac de Neuchâtel est en place depuis 2003. Il comprend les espèces de macroinvertébrés aquatiques exotiques et autochtones qui vivent entre 0 et 10 m de profondeur. Grâce à 20 années de suivi, le Canton a pu suivre la dynamique d'expansion des espèces invasives et de leurs effets sur la faune aquatique locale dans les lacs. Les résultats de ce suivi montrent qu'avec l'arrivée d'espèces invasives la diversité des macroinvertébrés aquatiques autochtones a diminué sur les deux stations suivies sur le Léman (Rivaz et St. Prex) mais a augmenté sur la station du lac de Neuchâtel (Chez-le-Bart; Figure 1). L'augmentation de la diversité autochtone sur le lac de Neuchâtel résulte probablement d'une amélioration du niveau trophique et, peut-être, du réchauffement récent des eaux du lac.

Cependant, sur le Léman, la diminution de la diversité autochtone (qui reflète notamment la diminution du trichoptère *Tinodes waeneri* ou la disparition du crustacé *Gammarus sp.*) résulte en majeure partie de l'abondance parfois très élevée de certaines espèces exotiques à fort potentiel invasif (Lods-Crozet, 2006, 2019).

Parmi ces espèces, les moules représentées par les espèces *Dreissena polymorpha* (moule zébrée; arrivée en Suisse dans les années 1960 – 1970) et *Dreissena rostriformis bugensis* (moule quagga; arrivée en Suisse en 2015) ont probablement joué un rôle principal dû à leur importante capacité à envahir les zones littorales et profondes des grands lacs. La densité de la moule quagga peut atteindre plus de 10 000 individus par mètre carré. Ces moules peuvent en effet produire plus de 30 000 larves planctoniques par période de reproduction (une ou deux par an en fonction de l'espèce). *D. rostriformis bugensis* peut même se reproduire à des températures basses (dès 5°C) et en l'absence de lumière (au-delà de 100 m profondeur; Beisel, 2021; Marle, 2023).

Les effets biologiques des moules invasives ne se limitent pas à la compétition pour l'espace avec la faune native. Du fait de leur grande aptitude à filtrer l'eau pour se nourrir de plancton, l'expansion future de la moule quagga entrainera probablement une réduction de la biomasse planctonique. Etant donné le caractère très invasif de certaines espèces, des stratégies de limitation des importations et de détection des espèces invasives doivent être mises en place.

Des traits biologiques et écologiques révélateurs du potentiel invasif des espèces

Face aux éventuels dommages écologiques et économiques, il devient utile d'anticiper l'arrivée des espèces susceptibles de devenir nuisibles et invasives dans les lacs périalpins et d'en identifier les causes.

Des analyses de modélisation conduites par le Canton ont montré que l'évolution de populations d'espèces invasives et donc leur potentiel d'invasion (Figure 2) peuvent s'expliquer en partie par les traits biologiques et écologiques de ces espèces, c'est-à-dire par la façon dont ces espèces vivent, se nourrissent et se reproduisent (Devin, 2007).

En particulier, les derniers résultats issus de modélisations montrent que la durée de vie et la température maximale de survie d'une espèce expliquent en grande partie son potentiel d'invasion.

Même si ces résultats doivent être considérés avec prudence car l'étude a été réalisée à partir de modèles simplifiés, prédire le potentiel d'invasion d'une espèce pourra aider à optimiser le choix des mesures à prendre dans le but de limiter l'impact sur les écosystèmes.

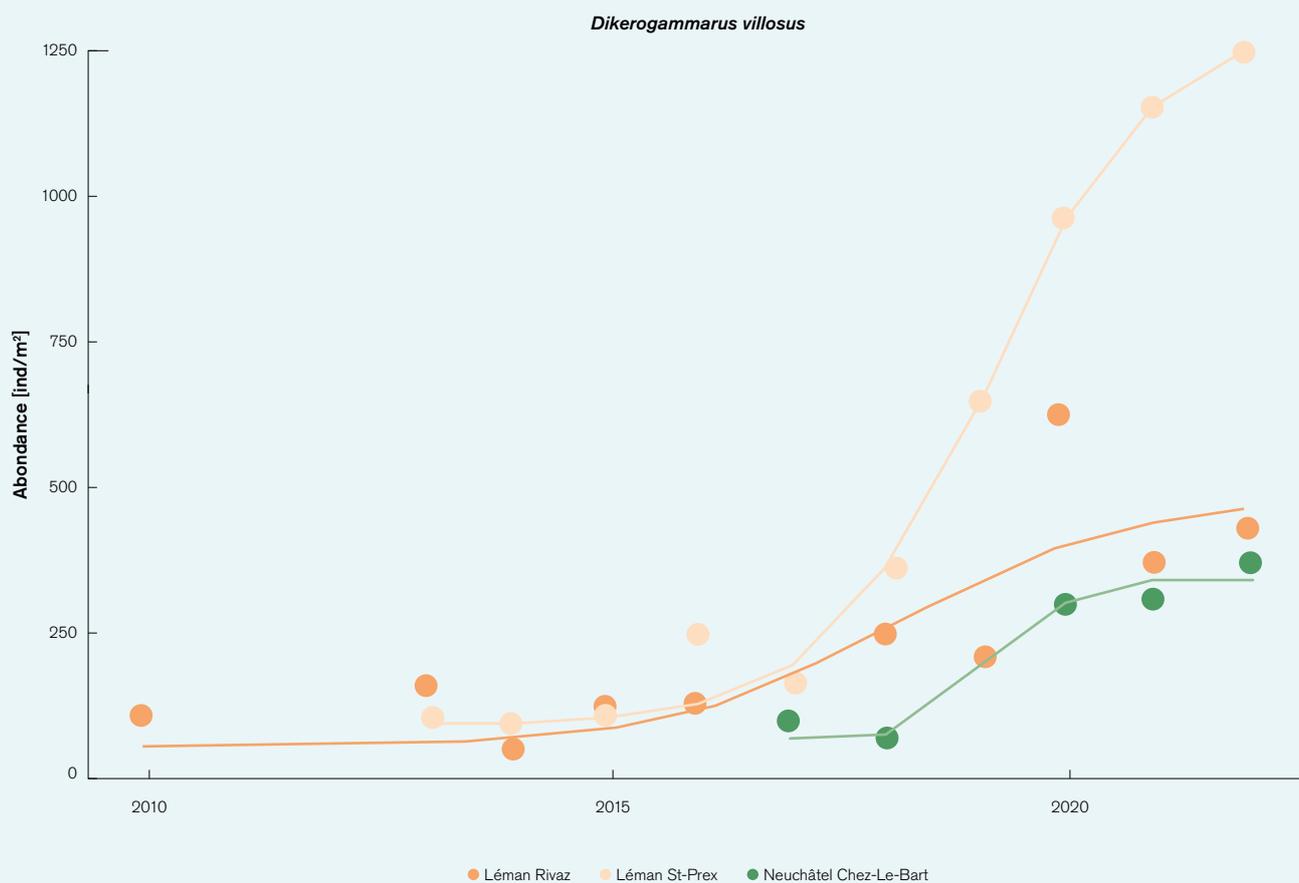
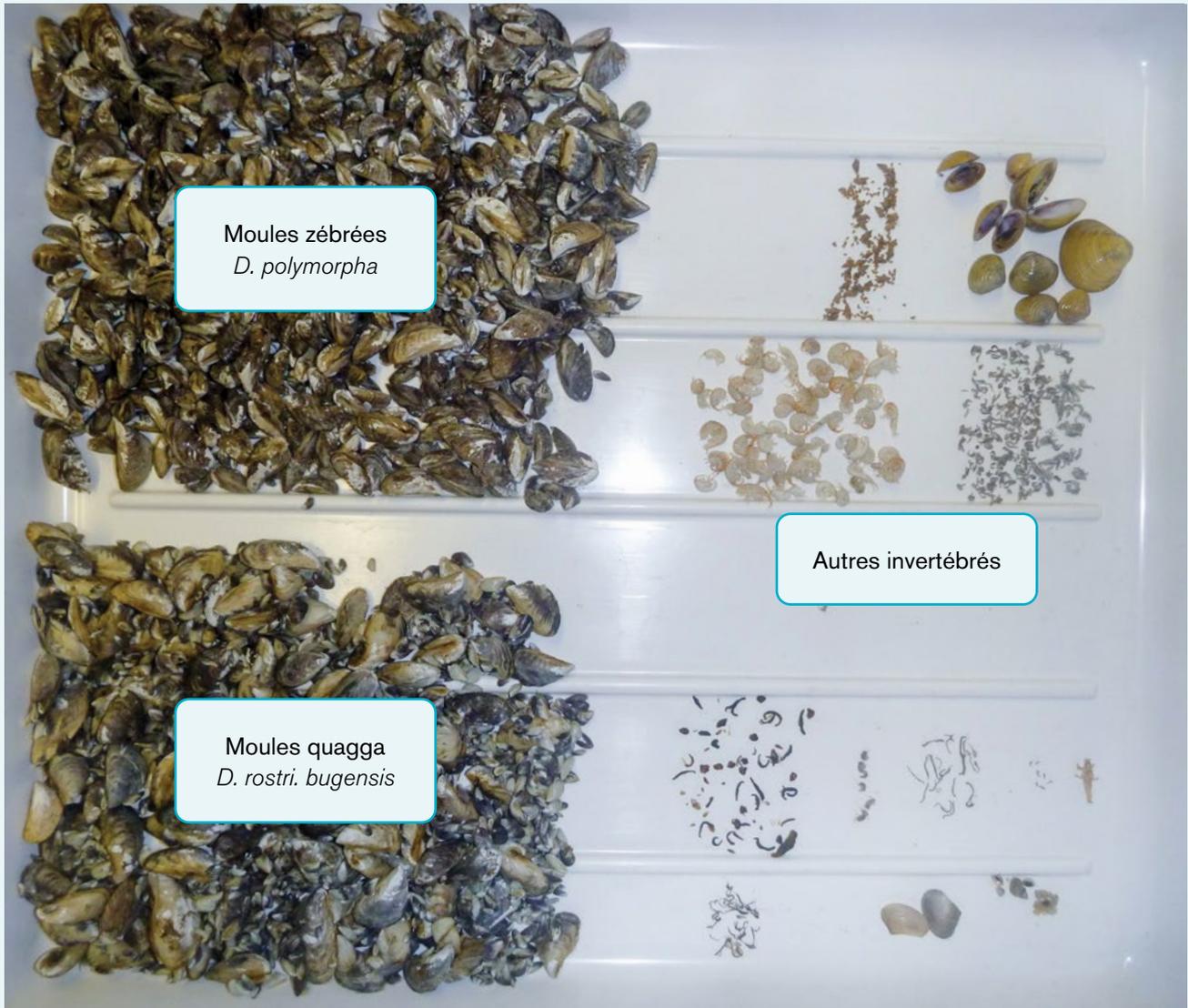


Figure Espèces invasives 2: Evolution entre 2010 et 2021 des abondances de *Dikerogammarus villosus* (gammare arrivé en Suisse en 2002). Les courbes représentent les modèles de dynamique des populations calibrés par espèce. Ils peuvent varier d'une station à l'autre en fonction de l'habitat (sable, pierres, avec ou sans macrophytes) mais aussi par rapport aux espèces déjà en place. Les milieux les plus perturbés par les espèces invasives sont souvent les plus pauvres en diversité biologique et d'habitats.



Oblongues et d'une taille de plus de 3,5 cm à l'âge adulte, les moules dreissènes (moules quagga + zébrées), venues du bassin de la Mer Noire et de la Mer Caspienne, représentent la quasi majorité des abondances et de la biomasse totale en invertébrés du Léman et du lac de Neuchâtel.

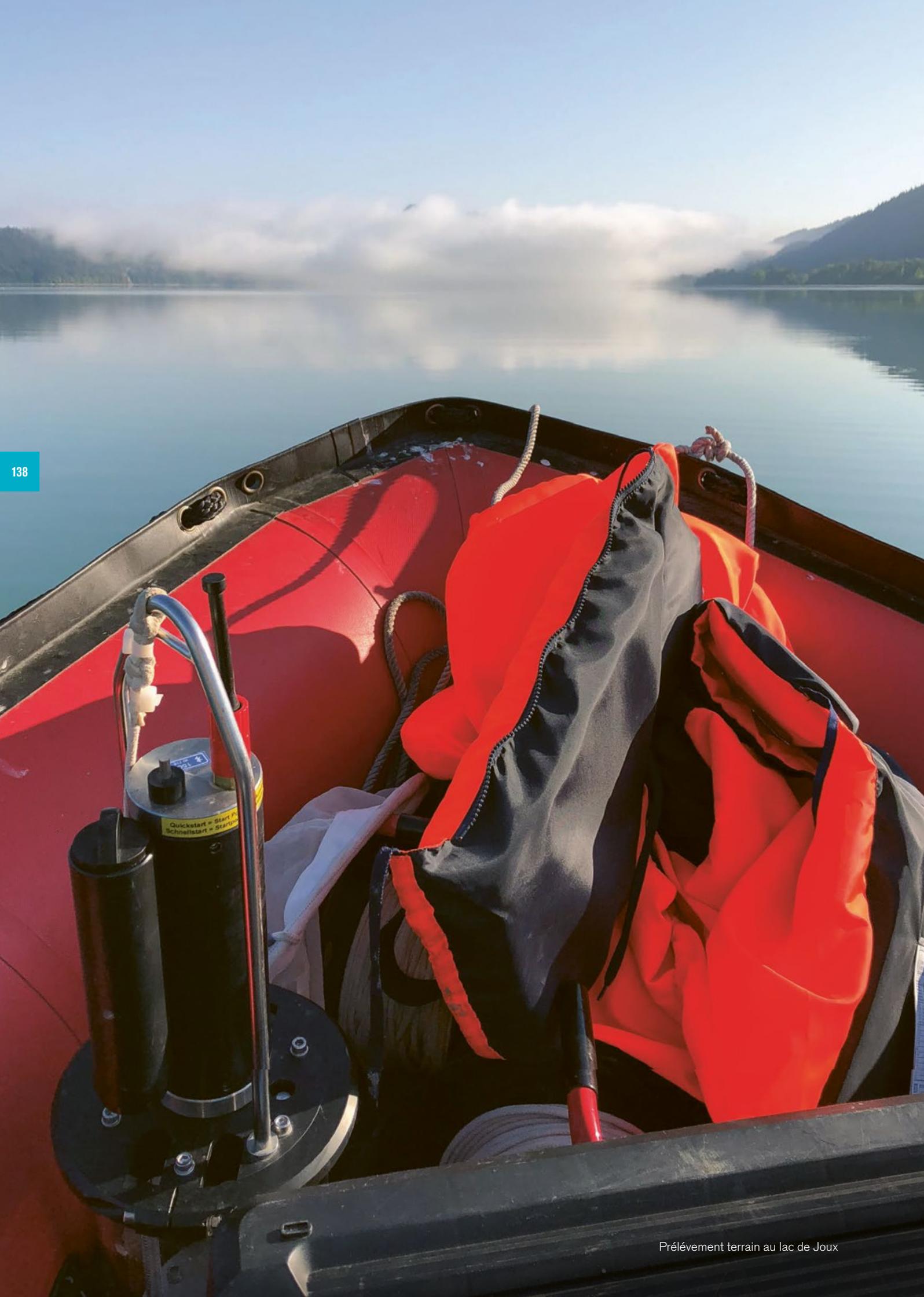
L'image donne une idée de la proportion que représentent les populations des deux moules dreissènes par rapport aux autres invertébrés dans un échantillon prélevé récemment à 10 m de profondeur.

Chacun peut contribuer à lutter contre les espèces invasives!

Afin d'éviter, par exemple, que la moule quagga ne colonise plus de lacs, des actions concrètes sont préconisées : nettoyage et séchage systématiques des bateaux, des petites embarcations nautiques et des équipements à chaque changement de plan d'eau pour empêcher leur propagation dans des lacs encore non colonisés.

Fiches de recommandations pour :

- les bateaux^{EQ}
- les canoés, paddles, planches à voile et kite surf^{EQ}
- la plongée^{EQ}
- la pêche sportive^{EQ}



Scénarios futurs et perspectives pour un programme de suivi adapté

Les corridors d'invasion actuels et le développement de nouvelles voies de navigation en Europe vont probablement continuer d'accentuer la dispersion d'espèces exotiques vers les grands lacs périalpins. En effet, plusieurs espèces aujourd'hui encore absentes en Suisse sont déjà bien établies dans le Rhin (Leuven, 2009) et dans le Rhône (Olivier, 2022).

Par exemple, le polychète invasif *Hypania invalida* a déjà été observé dans le lac de Neuchâtel en 2017 et confirmée en 2021. Ce flux constant d'invasions biologiques provoquera encore de profonds changements dans la composition des communautés locales.

En plus des méthodes de prévention et de gestion traditionnelles, le développement d'outils innovants d'évaluation des risques sont nécessaires pour faire face aux risques écologiques et socio-économiques dans la région.

Parmi ces outils figurent par exemple les modèles écologiques prédictifs, qui peuvent contribuer à prédire les dynamiques d'invasions futures à partir des traits des espèces connues des régions limitrophes, et l'utilisation de l'ADN environnemental, qui permet de détecter plus précocement leurs arrivées dans les milieux aquatiques (Blackman, 2022).

Par exemple, grâce à ces nouvelles méthodes de détection, la méduse invasive *Craspedacusta sowerbii* s'est révélée être bien plus répandue en Suisse que supposé jusqu'alors avec des méthodes de monitoring traditionnelles. En outre, l'analyse de l'ADN a permis de détecter l'arrivée de la moule quagga dans deux lacs périalpins (lac de Lugano et lac Majeur) avant qu'elle ne soit observée par d'autres moyens (Capelli, 2023).

Ces outils génétiques, déjà appliqués dans le Canton de Vaud en 2021 pour la recherche de la moule quagga dans les lacs vaudois, permettent de gagner du temps dans la détection afin de diminuer les impacts écologiques sur le milieu.

Pour en savoir plus

Lods-Crozet, B. 2020. *Flux d'espèces exogènes envahissantes benthiques dans le Léman – Synthèse des données 2011 – 2019*. Rapport de la Commission Internationale de la Protection des Eaux du Léman, Campagne 2019. p. 212-221.

Lods-Crozet, B. and O. Reymond, 2006. *Bathymetric expansion of an invasive gammarid (*Dikerogammarus villosus*, Crustacea, Amphipoda) in Lake Léman*. Journal of Limnology, (65): p. 141-144.

Beisel, J.-N. 2021. *Biologie, écologie et impacts potentiels de *Dreissena rostriformis bugensis*, la moule quagga, espèce invasive au sein du Léman*. Synthèse bibliographique: p. 114.

Marle, P., N. Menétrey, and B. Lods-Crozet. 2023. *Prédiction des risques d'invasions biologiques: quel est le profil de l'envahisseur des grands lacs périalpins ?* (pp. 14): Etat de Vaud. Division Protection des eaux (PRE) – Section Biologie des eaux.

Devin, S. and J.-N. Beisel, 2007. *Biological and ecological characteristics of invasive species: a gammarid study*. Biological Invasions: p. 13-24.

Leuven, R., et al. *The river Rhine: a global highway for dispersal of aquatic invasive species*. Biological Invasions, 2009. 11(9): p. 1989-2008.

Olivier, J.-M., et al. 2022. *Chapter 7 – The Rhône River Basin, in Rivers of Europe (Second Edition)*. K. Tockner, C. Zarfl, and C.T. Robinson, Editors. Elsevier. p. 391-451.

Blackman, R.C., et al. 2022. *Monitoring invasive alien macroinvertebrate species with environmental DNA*. River Research and Applications, 38(8), 1400–1412.

Capelli, C. et al. 2023. *Environmental DNA Survey Indicates Arrival of Quagga Mussel in Ticino River Basin*. Journal of Limnology 82 (1).

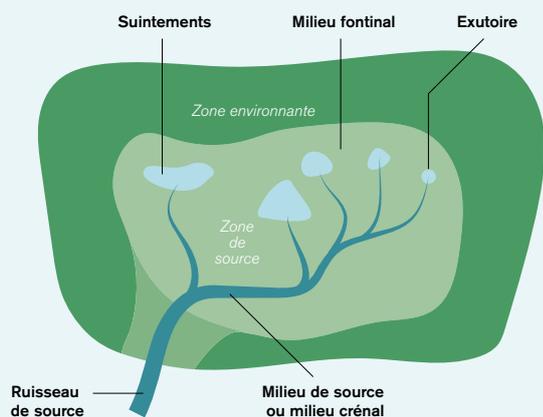


LES MILIEUX DE SOURCES ET LEUR ENVIRONNEMENT

140



Un milieu de source, c'est quoi ?



Le milieu crénel, plus communément dénommé milieu de source, est défini par la zone de transition entre l'eau souterraine et l'eau superficielle. L'eau y entre en contact avec l'air et s'écoule sur une certaine distance avant de donner naissance au cours supérieur d'un ruisseau.

Le milieu fontinal comprend le milieu de source, ainsi que l'étendue du milieu, reconnaissable par un sol détrempe et une végétation typique qui peut parfois s'étendre sur plus de 1 000 m². L'étroite imbrication entre les habitats terrestres et aquatiques permet la cohabitation de biocénoses très différentes sur un espace fort limité (Fischer et al., 1998).

Inventaire des milieux de sources

Du fait des périodes de sécheresse et des besoins en eau, les milieux de sources connaissent un intérêt croissant ces dernières années en Suisse.

Afin de renforcer les connaissances sur ces environnements naturels et gérer au mieux les différents intérêts qui pèsent sur ces biotopes, le Canton de Vaud a initié un inventaire cantonal dès 2016, dans le cadre d'une démarche entreprise à l'échelle nationale.

Le saviez-vous ?



À l'endroit où elle sort de terre, l'eau conserve une température stable tout au long de l'année, généralement entre 7°C et 11°C. Cette constance crée des micro-habitats particuliers, colonisés par une faune et une flore spécialisées, présentant un nombre important d'espèces rares et menacées au niveau national.

Menaces

Bien que jouissant d'une importance symbolique auprès de la population suisse, les milieux de sources sont sérieusement menacés depuis plus d'un siècle. Un exemple frappant se trouve sur le Plateau, où il est estimé que 95% de ces habitats ont disparu. Les raisons de cette disparition sont multiples, incluant les corrections de cours d'eau, le drainage des terres agricoles et la création de captages pour l'eau potable.

En outre, le réchauffement climatique constitue une menace supplémentaire, altérant progressivement les habitats des espèces adaptées à des températures d'eau basses et constantes. La perte des milieux de sources s'étend désormais aux Alpes, en raison du développement hydroélectrique et de l'augmentation de la demande en eau pour l'agriculture ou diverses activités de loisirs telles que les sports d'hiver (Savioz & Walter, 2018).

Les milieux sources en quelques chiffres

95 %

des milieux de sources
situés sur le Plateau ont disparu
depuis le 19^{ème} siècle

1728

milieux de sources
ont été visités dans le cadre
de l'inventaire vaudois

74 %

des espèces d'invertébrés
présentes sont considérées
comme menacées

300 espèces

d'escargots aquatiques, de petites moules (pisidies),
d'éphémères, de plécoptères et de trichoptères
vivent autour des milieux de sources

10 mètres

périmètre minimal autour de l'exutoire
pour protéger un nombre significatif
d'espèces menacées

Bases légales

Les milieux de source sont considérés comme prioritaires au niveau national et protégés en vertu de l'article 18 de la loi sur la protection de la nature et du paysage (LPN ; RS 451). Dans la loi sur la protection des eaux (LEaux ; RS 814.20), ces milieux sont protégés du point de vue de la qualité de leurs eaux (Annexe 2).



Source du Moulinet, Chamblon

Un inventaire pour déterminer la valeur écologique des milieux de sources

Dans ce contexte, en 2016, la Direction générale de l'environnement (DGE) a lancé un inventaire dans le canton de Vaud, à partir d'une sélection des sources non captées parmi plus de 13'000 objets disponibles (cadastre cantonal, 1960-70) avec la coordination confiée au bureau Aquabug. Cet inventaire écomorphologique a été rendu possible grâce à la contribution d'auxiliaires, de civilistes, de stagiaires et à la mobilisation de nombreux bénévoles entre 2017 et 2023, en partenariat avec le Canton ainsi que les Parcs Naturels Régionaux (PNR) du Jorat, de Gruyère-Pays d'Enhaut et du Jura vaudois. La Ville de Lausanne et Armasuisse ont également participé pour les sites situés sur leurs territoires. La qualité des sources recensées a été évaluée selon un protocole standardisé, en utilisant la méthode officielle de la Confédération suisse (Lubini-Ferlin & al., 2014).

Au total, 1'728 sites ont été visités. Certains de ces sites n'ont pas pu être évalués pour des raisons d'accessibilité sur le terrain.

Parmi les milieux de sources inventoriées, 53 % ont été classées en qualité allant de naturelle à modérément atteinte.

Les 47 % restantes ont été classées comme dégradées, taries ou détruites.

Le degré d'altération est étroitement lié à l'utilisation du sol. La plupart des milieux de sources naturels ou partiellement naturels se situent dans des zones forestières, moins affectées par les activités humaines (67 % des sites).

Les autres se trouvent dans des zones agricoles telles que les champs, les prés et les pâturages. Dans les catégories d'altération plus élevées, la proportion de milieux de sources en forêt diminue progressivement tandis que celle dans les champs, les prés et les pâturages augmente. Les milieux de sources détruits en forêt sont souvent liés aux captages d'eau potable, tandis que ceux situés dans les pâturages sont utilisés pour alimenter des abreuvoirs à bétail (notamment dans les régions du sommet du Jura et des Préalpes).

Les sources taries ou détruites ne sont pas nécessairement corrélées avec l'utilisation du sol, car elles dépendent également de l'évolution hydrologique du site.

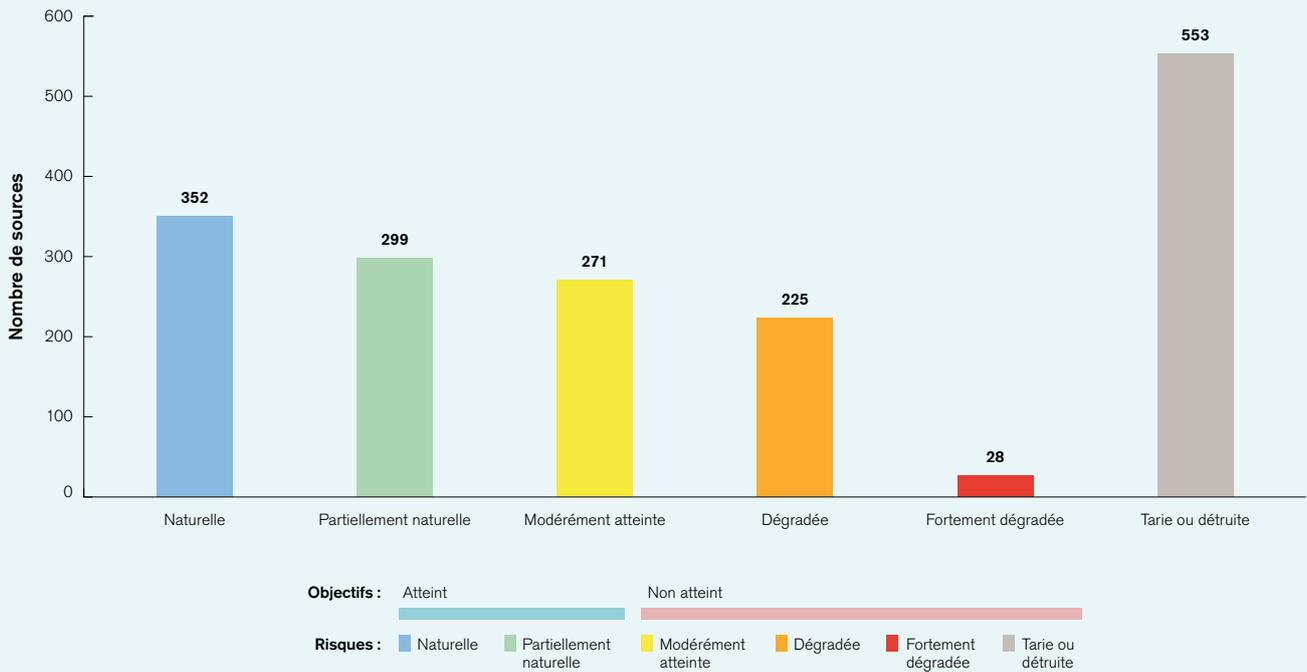


Figure Les milieux de sources et leur environnement 1 : Graphique illustrant le nombre de milieux de sources recensés ainsi que la classe de qualité attribuée à chacun. Les classes de qualité établies selon Schindler (2004) sont déterminées en fonction d'une évaluation qui révèle les déficits écologiques de chaque milieu de source. Cette évaluation est basée sur plusieurs paramètres observés sur le terrain, comprenant les altérations causées par les activités humaines, ainsi que les caractéristiques de la végétation et de la structure environnante (substrats, courants, etc.).

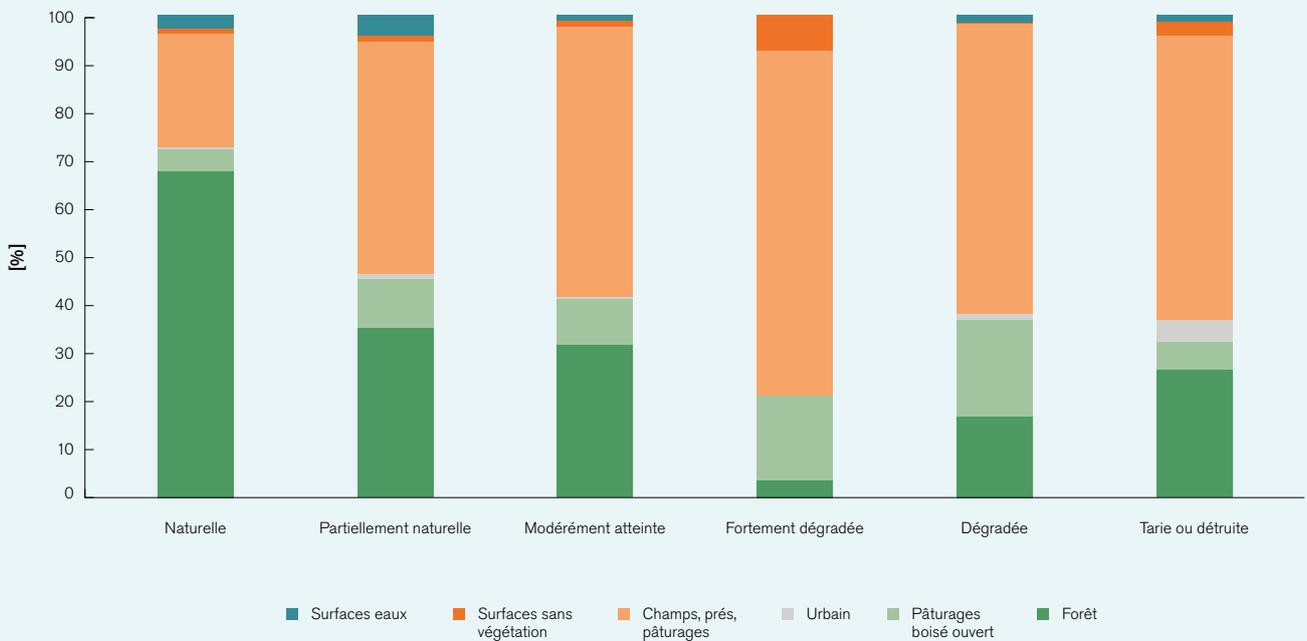


Figure Les milieux de sources et leur environnement 2 : Classes de qualité des sites inventoriés au niveau écomorphologique en fonction de l'utilisation du sol.

Protection et revitalisation des milieux de sources

Parmi les milieux de sources inventoriés, une première sélection de 21 sites considérés comme remarquables a pu être réalisée et analysée d'un point de vue faunistique (Aquabug, 2021).

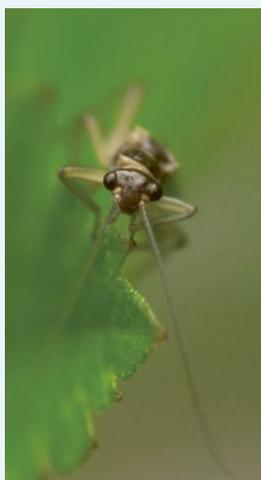
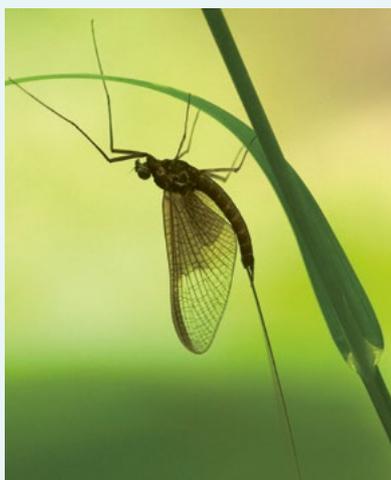
Plusieurs nouvelles espèces inféodées à ces milieux ont ainsi été trouvées sur le territoire vaudois. Un plan d'action de sauvegarde et de revitalisation pour ces sites a pu être établi.

L'inventaire effectué permet au Canton d'évaluer l'importance écologique des milieux de sources et de déterminer les besoins en termes de protection ou de revitalisation.

Des initiatives concrètes sur le terrain ont déjà été mises en œuvre grâce à l'engagement des gardes forestiers et des inspecteurs des forêts (Golay, 2022). Dans d'autres cas, l'installation d'une barrière autour de l'exutoire sur un rayon de 10 mètres permet d'empêcher le bétail qui s'y désaltère de piétiner les abords et de contaminer la source avec leurs déjections.

	Espèces présentes en Suisse	Espèces observées dans les milieux de sources		Espèces menacées observées dans le canton de Vaud	
		Suisse	Canton de Vaud	Nombre	Pourcentage
Ephemeroptera Ephémères	93	48	19	4	21
Plecoptera Perles	122	97	39	12	31
Trichoptera Phryganes	302	150	98	17	17
Total	517	295	156	33	21

Tableau Les milieux de sources et leur environnement 1 : Nombre d'espèces menacées dans les milieux de sources en Suisse (selon Info fauna et la base de données MIDAT sources, 2021) et dans le canton de Vaud.



De gauche à droite: *Rhithrogena picteti* (Ephéméroptère), *Nemoura marginata* (Plécoptère) et *Tinodes dives* (Trichoptère), des espèces d'insectes spécifiques aux milieux crénaux. © Sandro Marcacci

Prochaines étapes (2024 – 2028)

La réalisation de relevés faunistiques complémentaires, ainsi que l'établissement de périmètres de protection autour des milieux de sources prioritaires identifiés, permettra de :

1. Mettre en place un plan d'action afin de prioriser les milieux nécessitant des mesures de conservation ou de restauration pour les préserver et les protéger (Küri et al., 2019).
2. Etablir une stratégie cantonale de revitalisation de ces milieux.
3. Compléter les données dans le cadre de la mise en œuvre du plan sectoriel de l'infrastructure écologique, tel que défini dans le programme de législation du Conseil d'État pour la période 2022 – 2027.
4. Mettre en place un indicateur de qualité biologique pour ces milieux qui complètera l'identification des Régions hydrographiques prioritaires pour la qualité des eaux dans les hauts de bassins versants.

Revitalisations soutenues par la Confédération et le Service conseil

En parallèle aux efforts d'inventaire et de classification des milieux de sources, les premières initiatives de revitalisation de sources détériorées voient le jour. Diverses approches peuvent être envisagées selon les circonstances. Par exemple, la revitalisation de captages inutilisés présente une occasion unique de restaurer des habitats aquatiques de grande valeur.

Ces initiatives peuvent bénéficier d'un soutien financier de la Confédération, ainsi que du Service-conseil des milieux fontinaux, établi en 2020 pour conseiller l'Office fédéral de l'environnement, les cantons, les parcs naturels et autres organisations dans l'étude, la protection et la valorisation des milieux de sources. Ce Service fournit des informations aux experts et au grand public à travers des manifestations, des formations et des journées d'échange, s'adressant notamment aux acteurs impliqués dans la gestion des sources, tels que les forestiers, les agriculteurs, les fontainiers et les distributeurs d'eau.

Pour en savoir plus

Aquabug. 2021. *Inventaire et plan d'action des milieux fontinaux vaudois, caractérisation de 21 sources remarquables.*

Fischer J., Fischer F., Schnabel, S, Wagner R., Bohle H. 1998. *Die Quellfauna der Hessischen Mittelgebirgsregion.* In Botosaneanu L. (ed). *Studies in crenobiology*, pp. 183-199.

Golay A. 2022. *Cataloguer des sources forestières dans le Canton de Vaud.* In *Courrier des Sources – Newsletter du service-conseil pour les milieux fontinaux, sur mandat de l'OFEV.* 7 : p. 2.

Küry D., Lubini-Ferlin V., Stucki P. 2019. *Milieux crénaux – Guide pour le recensement systématique et la détermination du degré d'importance pour la protection de la nature.* Rapport d'experts sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement OFEV.

Lubini-Ferlin V., Stucki P., Vicentini H., Küry D. 2014. *Evaluation des milieux fontinaux de Suisse. Projet de procédure basée sur la structure et la faune des sources.* Rapport sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement OFEV.

Menetrey N., Gander T., Steiner Y., Walter M. et Savioz A. 2023. *Evaluation des sources vaudoises. Ecomorphologie. Etat des lieux – septembre 2017 à août 2023.* Etat de Vaud. Division Protection des eaux (PRE) – Section Biologie des eaux.

Schindler H. 2004. *Bewertung der Auswirkungen von Umweltfaktoren auf die Struktur und Lebensgemeinschaften von Quellen in Rheinland-Pfalz.* Dissertation Universität Koblenz-Landau. 203 S.

Wenger R., Lalou J-C, Hapka R. 2021. *Aux sources de la Suisse.* Haupt Verlag. 256 pages

Liste rouge des Ephémères, Plécoptères, Trichoptères. Espèces menacées en Suisse (EPT)^{1,2}

Page du service conseil milieux fontinaux^{1,2}

RÉGIONS HYDROGRAPHIQUES PRIORITAIRES POUR LA QUALITÉ DES EAUX (RHP)

148



Introduction

La santé des cours d'eau est étroitement liée aux activités humaines. Les déficits de qualité observés sont généralement dus à divers facteurs, notamment l'urbanisation croissante, l'évacuation et l'épuration des eaux, la gestion des eaux des voies de communication, la pollution industrielle, l'agriculture intensive et d'autres activités anthropiques générant des rejets de substances nocives, y compris des accidents ponctuels.

La réglementation Suisse, au travers de l'article 47 de l'OEaux établit un cadre clair pour gérer les situations de pollution des eaux. Son objectif principal est de garantir que les eaux respectent les normes de qualité fixées et que leur utilisation spécifique soit préservée. Pour ce faire, il prévoit une série de démarches précises que l'autorité compétente doit suivre :

- 1. Évaluation et identification :** l'autorité doit d'abord déterminer et évaluer la nature et l'ampleur de la pollution constatée. Il s'agit ici d'analyser l'ensemble des données de qualité des eaux à disposition, déterminer les substances polluantes présentes et impactantes, et identifier les sources exactes des pollutions observées.
- 2. Analyse des solutions :** une fois la pollution identifiée, l'autorité évalue l'efficacité des mesures possibles pour remédier à la situation.
- 3. Mise en oeuvre de mesures :** l'autorité veille ensuite à ce que les mesures nécessaires soient prises conformément aux prescriptions légales correspondantes. Pour ce faire, elle fait appel à toutes les entités concernées par les éventuelles mesures d'assainissement, notamment les services de l'État, les communes, les associations intercommunales et les particuliers.

Dans les cas de pollutions provenant de multiples sources, l'article 47 souligne l'importance de coordonner les actions des différents responsables pour assurer une réponse harmonisée et efficace. Ainsi, cet article de loi vise à protéger la qualité des eaux en fournissant un processus rigoureux pour identifier et traiter les sources de pollution de manière cohérente et coordonnée.

S'appuyant sur les nombreuses et fréquentes analyses de la qualité des eaux et sur les observations de terrain, des constats peuvent ainsi être dressés sur l'ensemble du Canton de Vaud.

Afin de répondre à cette problématique de déficit de qualité des eaux en coordonnant les actions et en les priorisant, une démarche importante et innovante est la caractérisation de Régions hydrographiques prioritaires (RHP) du canton de Vaud.

L'identification des RHP a pour objectif de renforcer les efforts de préservation et de remédiation dans les zones les plus impactées, en mettant en place des mesures spécifiques visant à améliorer la qualité de l'eau et à rétablir un état écologique sain. Cette démarche s'inscrit dans la mise en œuvre du Plan sectoriel de protection de la qualité des eaux (PSEaux-P) du canton de Vaud.

Les régions peuvent ainsi être priorisées selon l'importance de leurs déficits.

Les régions concernées par des cours d'eau présentant une qualité écologique dégradée sont désignées comme des Régions hydrographiques prioritaires (RHP).

Conformément à l'art. 47 OEaux, ces régions doivent faire l'objet de diagnostics approfondis pour aboutir à la mise en œuvre de mesures appropriées. L'objectif est d'observer à moyen et long terme une amélioration de la qualité des eaux dans ces régions.

Les critères de définition et de priorisation des RHP sont basés principalement sur des indicateurs de qualité biologique des cours d'eau vaudois.

Un déficit, c'est quoi ?



Dans le cadre de l'évaluation de la qualité des eaux du canton de Vaud on considère qu'il y a un déficit dans le milieu considéré si la valeur d'un ou de plusieurs paramètres dépasse les exigences fixées par le cadre légal (OEaux).

Critères de priorisation

Le fond des rivières abrite de nombreuses petites larves d'insectes, ainsi que des vers, crustacés et mollusques (escargots d'eau douce) visibles à l'œil nu, mesurant de 0,5 mm à quelques centimètres au dernier stade aquatique de leur développement.

Ces organismes jouent un rôle crucial dans la chaîne alimentaire, recyclant la matière organique et servant de nourriture aux poissons et oiseaux, entre autres. Grâce à leur longue durée de vie dans l'eau (souvent un an ou plus), cette macrofaune aquatique est exposée toute l'année aux influences du milieu (pollutions, crues, étiages, dégradation des habitats, températures extrêmes, teneur en oxygène, etc.). Ces organismes sont ainsi de bons indicateurs de la qualité du milieu aquatique sur une période prolongée. Une faune diversifiée, ainsi que la présence de macroinvertébrés sensibles à la pollution, indiquent par exemple une bonne qualité de l'environnement aquatique.

Cette qualité est évaluée grâce à plusieurs indices biotiques (IBCH¹⁹ et ROB¹⁹). La faune est prélevée au printemps, période correspondant à des conditions favorables à leur développement et au maximum de biodiversité observé dans les cours d'eau.

Indices biotiques



IBCH¹⁹ : indice biotique suisse normalisé. Il prend en compte la composition et la diversité de la petite faune aquatique. Il est basé d'une part sur la qualité et la diversité des habitats et, d'autre part, sur les atteintes à la qualité de l'eau dues à un excès de nutriments/micropolluants et/ou à un manque d'oxygène.

ROB¹⁹ : indice de robustesse qui permet d'évaluer la fiabilité de la note IBCH¹⁹. Plus la valeur de robustesse est proche de l'IBCH¹⁹, plus l'IBCH¹⁹ est robuste.

Depuis les années 2000, la qualité biologique des 6'000 km de rivières vaudoises s'est globalement améliorée.

Entre 1990 et 1993, seulement 11 % des 154 stations surveillées par le canton respectaient les normes légales établies par l'ordonnance fédérale sur la protection des eaux (OEaux; RS 814.201), indiquant un état biologique bon ou très bon. Lors de la dernière campagne de mesures (2018-2022), 55 % des stations respectaient ces exigences.

L'amélioration de la qualité biologique est principalement observée dans les stations situées au-dessus de 600 m d'altitude, tandis que les stations situées dans les parties basses des bassins versants montrent une progression plus lente.

Une gestion intégrée de la qualité des eaux implique de définir des critères de priorisation pour identifier les régions hydrographiques présentant des déficits de qualité biologique. Deux niveaux de priorité ont été ainsi définis :

Priorité 1 : Cette catégorie concerne les situations où des déficits marqués et répétés de qualité biologique des eaux sont constatés, et dont certaines causes sont encore à déterminer. Il est alors crucial de mener des investigations approfondies pour établir un diagnostic précis et mettre en place des mesures adéquates visant à améliorer la qualité des eaux. Un suivi de l'amélioration de la qualité des cours d'eau est primordial pour s'assurer de l'efficacité des mesures prises et ajuster les interventions si nécessaire.

Priorité 2 : Cette catégorie regroupe les périmètres où des déficits sont identifiés et dont les causes sont en grande partie connues. Des actions correctives sont déjà en cours dans ces régions. Un suivi de l'amélioration de la qualité des eaux est aussi prévu dans ces régions.

Autre : Cette catégorie inclut les régions qui sont moins prioritaires car les déficits y sont moins nombreux ou moins marqués, mais peuvent néanmoins être observés. La qualité des eaux dans ces zones est quand même régulièrement surveillée pour détecter toute évolution défavorable et intervenir en conséquence.

Ces critères de priorisation permettent de définir ensuite des mesures de protection des eaux superficielles de manière systématique et ciblée, garantissant ainsi une utilisation efficiente des ressources disponibles pour la préservation et l'amélioration de la qualité des eaux de la région.

Les Régions hydrographiques prioritaires (RHP) et leur niveau de priorité

En comparant les différentes rivières vaudoises, plusieurs d'entre elles présentent encore des qualités biologiques d'eau moyennes à médiocres et ne respectent ainsi pas les exigences légales de l'OEaux.

Quatre bassins versants hydrologiques ont ainsi été délimités comme **RHP de priorité 1** : les régions de Nyon et Rolle, de Morges, la Basse Venoge et l'Arnon (■).

Cinq bassins versants hydrologiques ont été délimités comme **RHP de priorité 2** : les régions de l'Aubonne, de Lausanne, la Haute Venoge, le Talent, la Broye, ainsi qu'une partie de ses affluents (■).

IBCH¹⁹ :

- Très bonne
- Bonne
- Moyenne
- Médiocre
- Mauvaise

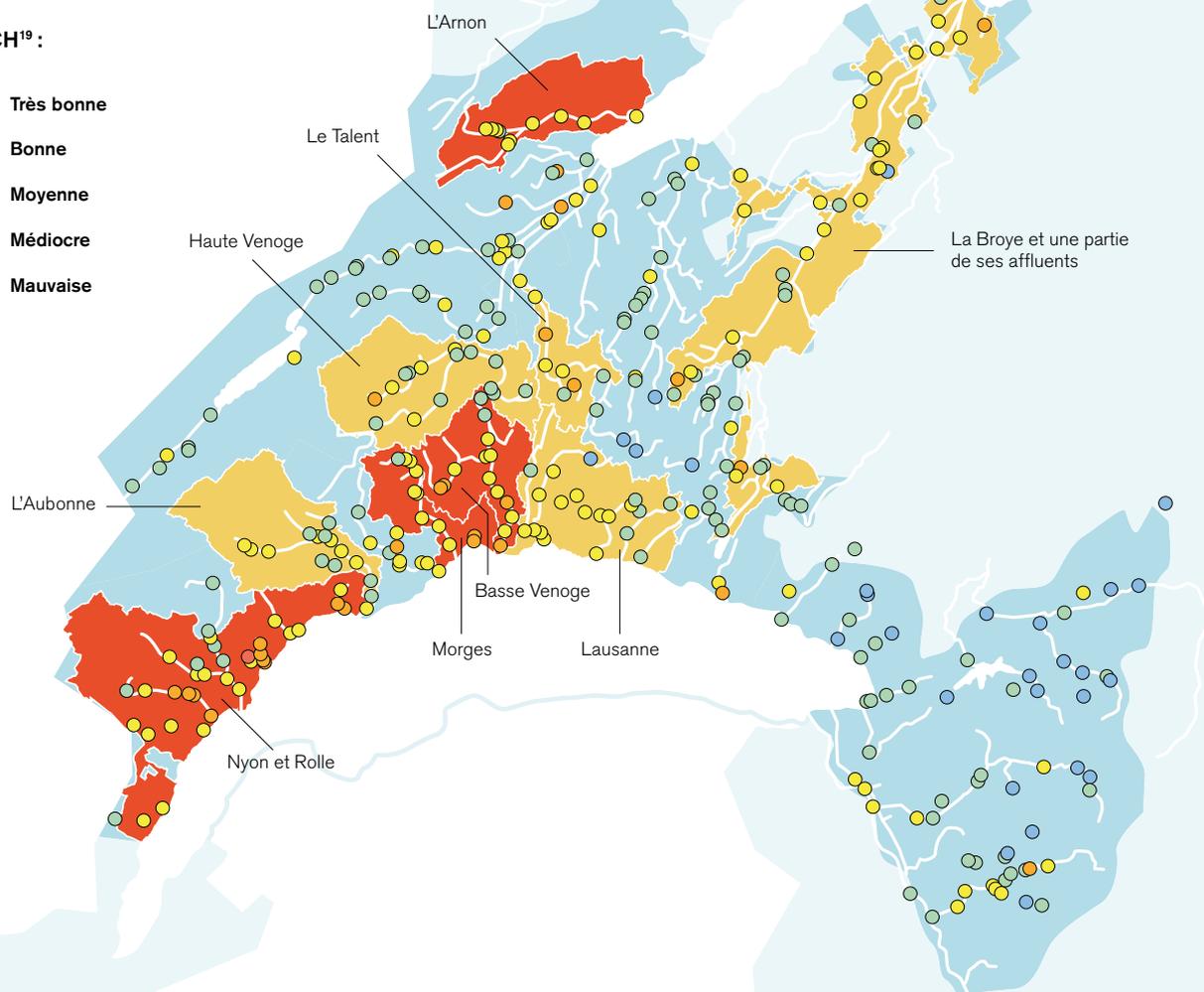


Figure Régions hydrographiques prioritaires (RHP) 1 : Localisation des Régions hydrographiques prioritaires (RHP) de priorité 1 et 2 du canton de Vaud, en relation avec les stations de surveillance de la qualité biologique des cours d'eau selon leur note IBCH¹⁹.



Senoge, affluent de la Venoge

RHP de priorité 1

Les régions classées en priorité 1 présentent des déficits significatifs en termes de qualité de l'eau. Les causes de ces déficits n'ont pas encore été entièrement élucidées, rendant nécessaires des investigations approfondies.

Pour répondre à cette problématique, des diagnostics détaillés seront mis en place afin d'identifier précisément les sources de pollution. Ces diagnostics permettront de comprendre les origines et les mécanismes à l'origine de la dégradation de la qualité de l'eau.

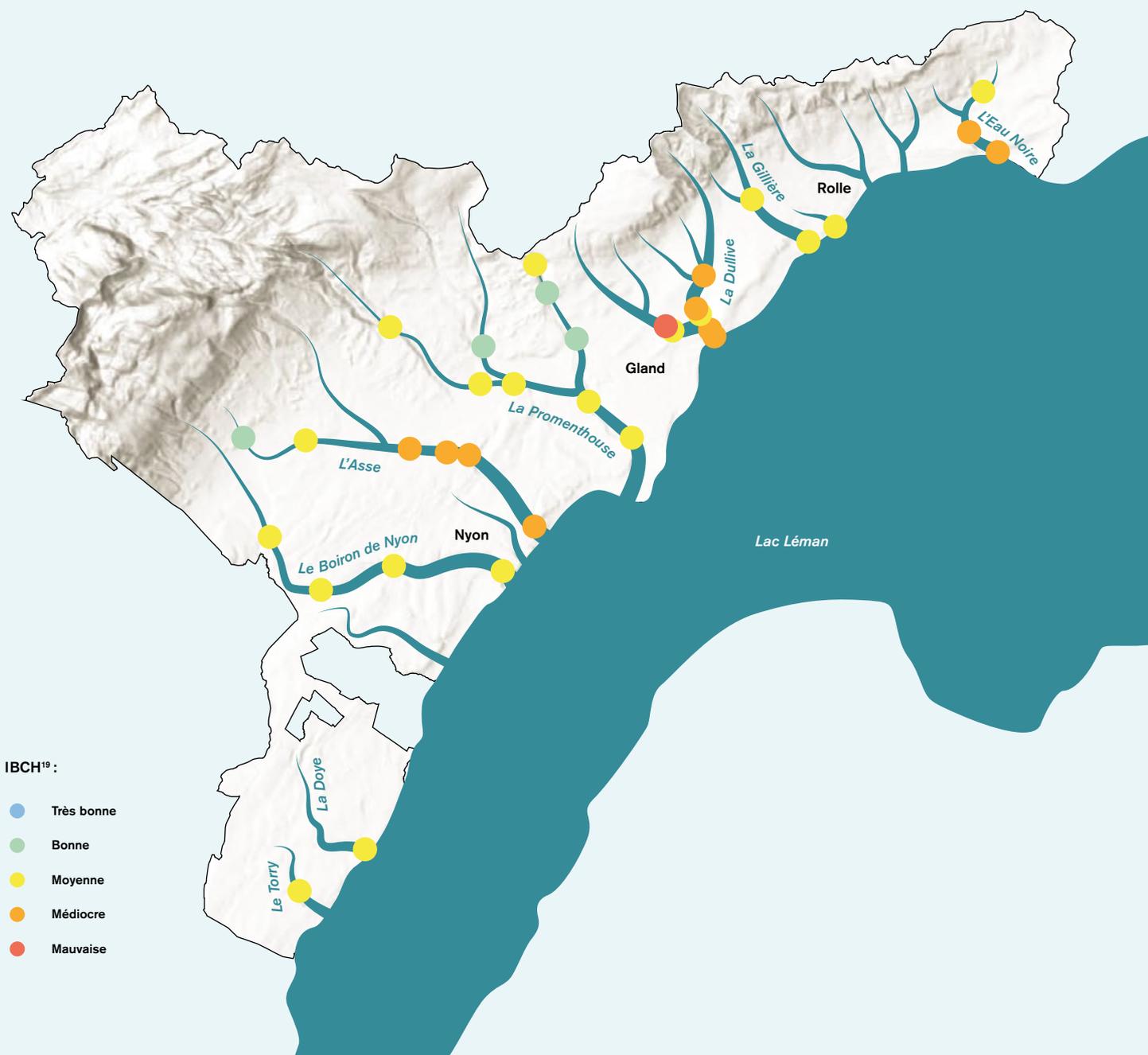
Une fois ces causes identifiées, des mesures appropriées pourront être définies et mises en œuvre. Elles viseront non seulement à remédier aux déficiences actuelles mais aussi à prévenir de futures dégradations, assurant ainsi une amélioration durable de la qualité de l'eau dans ces régions prioritaires.

Région Nyon et Rolle

La région de Nyon et Rolle est composée de cinq cours d'eau principaux qui se jettent dans le Léman: le Boiron de Nyon, l'Asse, la Promenthouse, la Dullive, La Gillière et l'Eau Noire.

Les notes IBCH relevées sur ces cours d'eau sont réparties dans des classes de qualité bonne (en amont des bassins versants) à mauvaise (en aval).

Figure Régions hydrographiques prioritaires (RHP) 2: Région Nyon et Rolle.

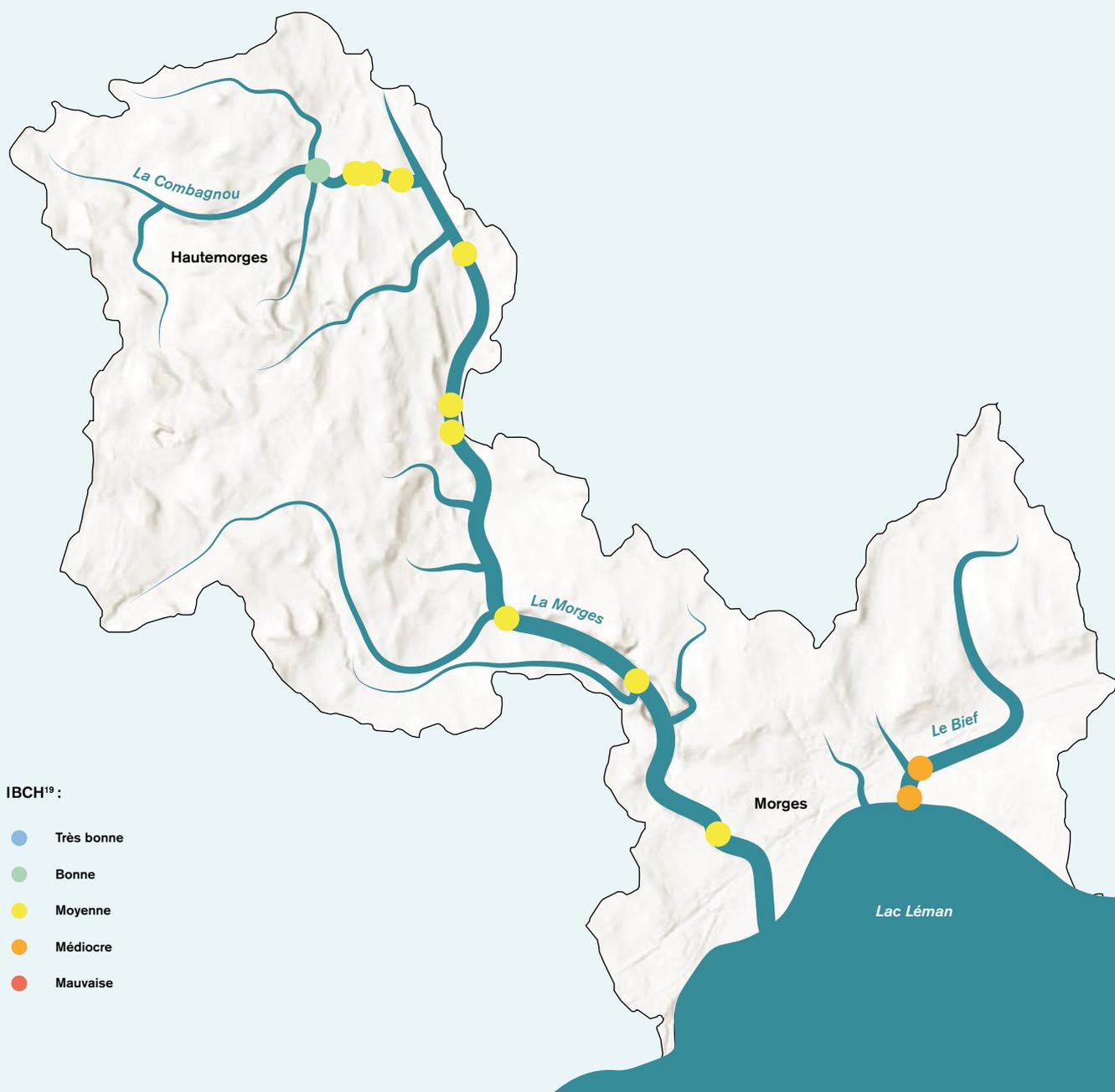


Région de Morges

La région de Morges comprend deux bassins versants dont les deux cours d'eau principaux se jettent dans le Léman : la Morges et le Bief de Préverenges.

Les indices biologiques (IBCH) dans cette région révèlent globalement des niveaux de qualité moyens. Seule une station située en amont du bassin versant de la Morges se distingue en affichant une bonne qualité de l'eau.

Figure Régions hydrographiques prioritaires (RHP) 3 : Région de Morges.



Région de la Basse Venoge

Le bassin versant de la Basse Venoge est parcouru par la Venoge et son affluent la Senoge. Les eaux se déversent dans le Léman.

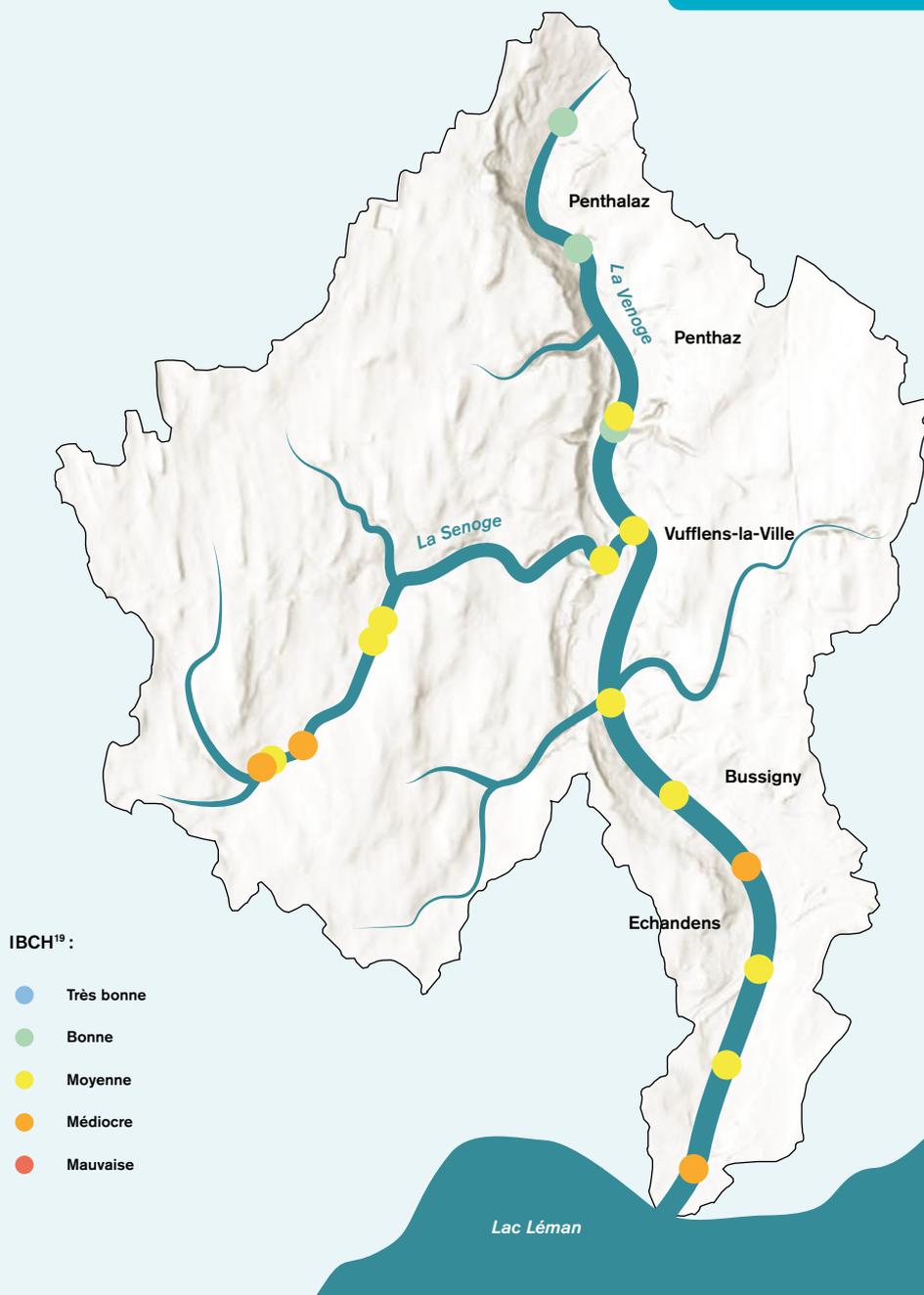
Les classes de qualité des notes IBCH de la région de la Basse Venoge sont bonne (en amont) à médiocre (en aval).

La Venoge

Etant considéré comme un cours d'eau emblématique, le cours d'eau de la Venoge bénéficie d'un suivi particulier, avec un nombre plus élevé de stations de surveillance. Il fait notamment l'objet d'un Plan d'affectation cantonal (PAC Venoge).

De nombreux projets de revitalisation du cours d'eau, sur l'ensemble de son tracé, ont déjà été, sont en cours ou seront réalisés ces prochaines années. Ces travaux de renaturation consistent à redonner au cours d'eau des caractéristiques proches de son état naturel en restaurant au mieux sa dynamique et son fonctionnement écologique.

Figure Régions hydrographiques prioritaires (RHP) 4 :
Région de la Basse Venoge.



Région de l'Arnon

La région est composée de l'Arnon (et de ses affluents, la Baumine et le Ruisseau des Iles), qui se jette dans le lac de Neuchâtel. Les classes de qualité des notes IBCH de la région sont moyennes à bonnes.

Un projet de renaturation de l'Arnon au Bois de la Râpe s'est achevé en 2024.

Figure Régions hydrographiques prioritaires (RHP) 5 : Région de l'Arnon.



Dresser un diagnostic et établir des mesures spécifiques dans chaque RHP

Les RHP classées en priorité 1 nécessitent un diagnostic spécifique pour identifier les sources de déficits. L'évaluation de ces régions portera notamment sur l'identification des principales sources de pollution issues des différentes activités humaines sur les territoires :

- Les émissions provenant du trafic routier, en particulier à travers les eaux de ruissellement des routes.
- Les réseaux d'évacuation des eaux, incluant les systèmes de déversement des eaux pluviales.
- Les rejets des stations d'épuration (STEP).
- Les transferts d'engrais et de produits phytosanitaires utilisés en agriculture.
- La diffusion de produits chimiques provenant des activités industrielles, des sites pollués et des décharges.

Afin de cibler plus précisément certaines sources de déficits, le nombre de stations de surveillance sera adapté avec l'intégration de stations supplémentaires stratégiques. Les campagnes de surveillance actuelles pourront être renforcées par des méthodes plus spécifiques, telles que la mise en place d'un suivi écotoxicologique des sédiments.

Des analyses de substances nouvelles et spécifiques seront réalisées en fonction des activités anthropiques dans le bassin versant et des sources de pollution potentielles. Ainsi, les polluants organiques persistants (PFAS, PCB, HAP) ou les microplastiques viendront enrichir les données existantes. Les

pollutions d'origine agricole feront l'objet d'une étude spécifique dans le bassin versant de la Venoge.

Bien que l'analyse, l'identification et le traitement exhaustifs de tous les déficits ne soient malheureusement pas possibles, l'objectif est de les aborder progressivement pour améliorer la qualité des eaux au fil du temps.

Ces premiers diagnostics permettront de développer une méthodologie pour les futures analyses régionales et de déterminer les facteurs ayant le plus d'influence sur la qualité des cours d'eau.

Une fois les diagnostics suffisamment avancés, des mesures locales pourront être mises en œuvre pour résoudre les problématiques identifiées, dans le cadre du Plan sectoriel de protection de la qualité des eaux (PSEaux-P). Ce plan se déploiera sur une période de 10 ans, de 2025 à 2034.

Les mesures inscrites dans le PSEaux-P seront suivies dans le temps par un état des lieux initial avant leur mise en œuvre, puis par des réévaluations régulières pour observer l'évolution de la situation. L'objectif est de dresser un premier bilan de la pertinence de ces mesures après 5 ans (bilan intermédiaire), puis un bilan final au terme des 10 ans. Ces bilans permettront d'élaborer le PSEaux-P suivant, couvrant les années 2035 à 2044.

RHP de priorité 2

Les régions classées en priorité 2 (Figure 1) sont celles où des déficits importants de la qualité des eaux sont observés, dont les causes sont en grande partie connues et où plusieurs mesures d'assainissement sont déjà en cours et sont présentées ci-après. Une amélioration de la qualité des eaux est donc attendue au cours des 10 prochaines années.

Exemples de plans d'action spécifiques

Le Plan régional d'évacuation des eaux (PREE) de la Chamberonne, dans la région de Lausanne, est en cours d'élaboration. Ce plan vise à optimiser les infrastructures d'évacuation des eaux, réduisant ainsi le nombre de rejets polluants dans la Chamberonne et améliorant la qualité des eaux de la rivière et de ses affluents.

La protection de la Venoge est encadrée par le « Plan de protection de la Venoge » (PAC Venoge), approuvé par le Conseil d'État en 1997. Ce plan a pour objectif d'assainir les eaux, de maintenir et restaurer les habitats naturels favorables à la flore et à la faune, en particulier la végétation riveraine, et de protéger les milieux naturels les plus précieux. Il interdit toute construction, équipement, installation ou intervention qui irait à l'encontre de ces objectifs.

Le PAC Venoge comprend un Plan d'affectation cantonal, un règlement, ainsi qu'un plan directeur des mesures d'assainissement et de restauration de la Venoge et du Veyron (PDM). Actuellement, des actions sont mises en œuvre pour évaluer les causes et les impacts de certains rejets polluants importants et pour accélérer leur assainissement.

Régionalisation des stations d'épuration et traitement des micropolluants

Les stations d'épuration (STEP) peuvent souvent être responsables de déversements d'eaux usées non traitées lors des périodes de pluie. Un bon entretien et une exploitation efficace de ces installations sont donc essentiels pour réduire les pollutions. Certaines STEP, devenues obsolètes et ne répondant plus aux normes techniques actuelles, doivent être réhabilitées. D'autres doivent être équipées de traitements pour les micropolluants afin de se conformer aux exigences fédérales de l'OEaux.

Le *Plan cantonal micropolluants*¹², élaboré en 2016, prévoit le raccordement de nombreuses petites stations d'épuration à des stations régionales plus performantes et modernes. Ainsi, au cours des 10 prochaines années, un nombre croissant de communes et leur population seront connectées à ces STEP régionales. Cette initiative vise à limiter les déversements d'eaux usées non traitées et à respecter davantage les exigences légales en matière de rejets dans les milieux aquatiques.

Parmi les projets de régionalisation des stations d'épuration (STEP), la région de la Broye inclut la STEP de Payerne, ainsi que les STEP intercantonales de la Moyenne et de la Basse Broye, en plus de celle d'Ecublens (Canton de Fribourg). Ces quatre projets de régionalisation contribueront, à terme, à améliorer significativement la qualité des eaux de la Broye.

Dans la région de l'Aubonne, un projet de régionalisation des STEP est en cours, avec une recherche active d'un site pour construire une nouvelle STEP à laquelle une vingtaine de communes pourront être raccordées.

Dans la région du Talent aval, trois STEP se déversent dans le cours d'eau. La plus importante, la STEP communale de l'AET à Bretigny-sur-Morrens, assure un niveau de traitement élevé. En revanche, les STEP de Bottens et de Morrens-Talent, de conceptions anciennes, ne traitent que le carbone. Ces STEP seront raccordées à la nouvelle STEP d'Echallens (ASET), actuellement en construction, qui inclura un traitement additionnel des micropolluants pour les eaux de 9 communes.

Dans la région de la Haute Venoge, la construction d'une nouvelle STEP sur la parcelle voisine de l'actuelle STEP de La Sarraz est à l'étude. En 2023, une association intercommunale regroupant les 15 communes concernées a été créée pour assurer la mise en oeuvre de ce projet.

Dans la région de Lausanne, la STEP de Pully sera reconstruite et agrandie. Parallèlement, la STEP de Lausanne-Vidy est en cours de réhabilitation et d'extension, incluant l'ajout d'un traitement des micropolluants.

Assainissement urbain

Dans la région de Lausanne, des problématiques d'écomorphologie et d'assainissement urbain sont présentes. La ville de Lausanne possède des canalisations vieillissantes et en mauvais état, traversant notamment des cours d'eau. Les travaux de voûtage du Flon et de la Louve, commencés en 1812 à la suite d'épidémies de choléra, de typhus et de paludisme, ont contribué à la dégradation de l'écomorphologie des cours d'eau dans cette zone urbanisée. En 1960, seuls les tronçons de cours d'eau en périphérie de la ville échappaient encore au tuyautage. En aval de l'ancien Vivarium, le Flon est devenu un collecteur d'eaux mixtes, acheminant les eaux vers la STEP de Vidy avant d'atteindre le Léman. Depuis, les eaux claires non polluées sont dérivées dans la Vuachère et restituées directement au Léman.

L'assainissement de ces infrastructures est étudié et planifié à travers les Plans généraux d'évacuation des eaux (PGEE) que chaque commune a réalisés entre les années 1990 et 2017. Ces PGEE seront progressivement mis à jour dans tout le canton, contribuant ainsi à réduire les impacts de l'assainissement urbain sur les milieux récepteurs.



Le Talent à Echallens

Autres régions

Le reste du territoire cantonal, en dehors des régions classées en priorités 1 et 2, présente également des atteintes ponctuelles à la qualité biologique des rivières. Les déficits liés aux prélèvements d'eau pour l'hydroélectricité, ainsi qu'aux rejets provenant de l'industrie, de l'agriculture, des infrastructures urbaines et d'autres activités, restent des préoccupations majeures.

Ces activités contribuent à la pollution et à la détérioration des écosystèmes aquatiques, mettant en danger la santé des cours d'eau et des lacs. Par conséquent, le suivi de la qualité écologique des eaux reste indispensable sur l'ensemble du territoire.

Voici quelques exemples de problématiques locales :

- **L'Avançon**, un bassin versant dont le milieu est naturellement instable en raison de son débit de type torrentiel et de ses crues fréquentes, ne permet pas l'existence et le maintien de bonnes conditions biologiques. De plus, il est soumis à un débit résiduel en raison des prélèvements d'eau pour la production hydroélectrique.
- **Les canaux de la plaine de l'Orbe** ne sont naturellement pas propices à la colonisation d'une faune benthique de

qualité, ce qui signifie que leur qualité biologique ne pourra probablement pas être améliorée, même avec la mise en place de mesures d'assainissement de la qualité de l'eau.

- Dans la région de la **Haute Venoge** (bassin versant amont), les classes de qualité biologique sont moyennes à médiocres, notamment aux abords des localités de L'Isle et Cuarnens. La régionalisation des STEP dans cette région devrait contribuer en partie à l'amélioration de la qualité des eaux entre Cuarnens et La Sarraz. Cependant, l'écomorphologie de la rivière, partiellement canalisée, et sa situation dans un bassin versant agricole, ne permettent actuellement pas d'atteindre de très bonnes classes de qualité biologique.
- **Le Forestay** affiche des classes de qualité moyenne selon les indices IBCH. Sa partie aval est caractérisée par des pentes raides et hétérogènes, ce qui n'est pas propice au développement d'écosystèmes aquatiques de qualité. C'est d'ailleurs une situation observée pour l'ensemble des cours d'eau du Lavaux, qui s'écoulent dans de nombreux dévaloirs et coulisses (ancien mot vaudois désignant des rigoles et des cunettes, utilisés pour prévenir les dommages causés par l'eau qui dévale abruptement la pente des vignobles).

Autres influences sur les écosystèmes aquatiques

D'autres activités anthropiques peuvent également impacter de manière positive ou négative l'équilibre écologique des cours d'eau dans l'ensemble des bassins versants. Parmi ces activités, on trouve notamment les renaturations, les éclusées et les prélèvements d'eau.

Par exemple, les travaux de renaturation consistent à redonner à un cours d'eau artificiel des caractéristiques proches de son état naturel en restaurant au mieux sa dynamique et son fonctionnement écologique. Ils consistent entre autres en l'élargissement du cours d'eau, la remise en état de berges naturelles, ou à sa remise à ciel ouvert. Un cours d'eau renaturé retrouve une dynamique naturelle créant des rives inondables et des milieux aquatiques plus diversifiés, donc plus favorables à la faune et à la flore. Un cours d'eau à ciel ouvert améliore la connectivité longitudinale et transversale (terre/eau) et ainsi la biodiversité locale.

Au cours des prochaines années, les projets de renaturation devront intégrer les contraintes liées aux changements climatiques, qui vont conduire les rivières à devoir évacuer des pointes de crues plus importantes et faire face à des périodes de sécheresse plus marquées. En termes d'aménagement de

cours d'eau, l'espace du lit majeur doit être suffisant pour des crues importantes et en même temps bien structuré pour garantir le maintien de la vie aquatique en période de très faible débit estival. Cent projets de renaturation ont été réalisés depuis 2010. 42 km de cours d'eau ont été revitalisés, 10 km de collecteurs ont été remis à ciel ouvert et 200 passes à poissons ont été aménagées.

Afin de minimiser l'impact de l'hydroélectricité sur les écosystèmes (hauteur d'eau suffisante, réchauffement de l'eau, colmatage du lit, perturbation du transport de sédiments, perte de frayères, etc), un débit résiduel minimal doit être respecté et le seuil des prises d'eau doit être rendu franchissable pour la faune piscicole.

Dans plusieurs régions du territoire vaudois, des prélèvements d'eau sont réalisés dans les rivières pour l'irrigation des cultures, des piscicultures, des activités industrielles ou la production de denrées alimentaires. En période d'étiage, ces pompages peuvent réduire considérablement les débits d'eau dans les cours d'eau, menaçant la survie des espèces. Cette situation peut également aggraver la faible dilution des rejets de STEP durant les périodes estivales.



La Broye à Domdidier

Conclusion

Dans le cadre de la démarche des Régions hydrographiques prioritaires (RHP), les régions de priorité 1 ont été identifiées et feront l'objet d'un diagnostic approfondi pour affiner les causes des déficits.

L'augmentation du nombre de stations de surveillance à des emplacements stratégiques, ainsi que des suivis renforcés utilisant des méthodes plus spécifiques (comme les tests écotoxicologiques dans les sédiments), permettront une collecte de données plus exhaustive, incluant de nouveaux paramètres tels que les polluants persistants et les microplastiques.

Bien que toutes les sources de pollution ne puissent être entièrement analysées et traitées à ce stade, l'objectif est d'adopter une approche progressive et sectorielle pour améliorer la qualité écologique des eaux au fil du temps, conformément aux exigences de l'OEaux.

Ces premiers diagnostics offriront également l'opportunité de développer une méthodologie standardisée pour les futures analyses, identifiant les facteurs les plus influents sur la qualité des cours d'eau afin de les traiter en priorité.

Une fois les diagnostics avancés, des mesures locales seront mises en œuvre, accompagnées d'évaluations régulières pour mesurer leur efficacité.

Les régions de priorité 2 ont déjà en partie fait l'objet de diagnostics. Un suivi attentif de la qualité écologique y sera maintenu afin de surveiller l'efficacité des mesures déjà en cours. Parmi ces mesures figurent notamment la régionalisation des stations d'épuration, l'amélioration des infrastructures d'évacuation des eaux, un assainissement des impacts de la force hydroélectrique, ainsi que la poursuite des projets de renaturation des cours d'eau.

En 2034, à la fin de la première phase du Plan sectoriel de protection de la qualité des eaux (PSEaux-P), la stratégie liée aux RHP sera réévaluée. Cette réévaluation tiendra compte de l'évolution des indices de qualité biologique, de l'impact des mesures mises en œuvre durant la période 2025-2034, ainsi que des nouveaux enjeux potentiels liés aux changements climatiques et aux évolutions du cadre légal.

PERSPECTIVES ET CONCLUSION

Les cours d'eau et les lacs du canton jouent un rôle essentiel dans l'écosystème, fournissant de l'eau douce indispensable pour les activités humaines, tout en soutenant une biodiversité riche et variée. Ces milieux sont en effet des habitats naturels pour une multitude d'espèces aquatiques et terrestres, contribuant à un équilibre écologique fragile mais vital.

Le rapport sur la qualité des eaux superficielles du canton de Vaud pour la période 2018-2022 met en lumière l'importance de la surveillance continue et de la gestion des ressources en eau pour assurer leur pérennité et leur qualité. Les analyses effectuées montrent des améliorations importantes de la qualité des eaux superficielles par rapport aux décennies précédentes, grâce notamment aux efforts importants réalisés dans l'évacuation et le traitement des eaux usées et la gestion des eaux dans l'agriculture. Toutefois, des défis subsistent, notamment en ce qui concerne la pollution par les micropolluants, les microplastiques ou encore les nutriments.

Les données recueillies indiquent que, malgré les progrès réalisés, une vigilance continue est nécessaire pour prévenir la dégradation de la qualité de l'eau due aux pressions anthropiques et aux changements climatiques.

Des perspectives prometteuses se dessinent, augurant d'une amélioration continue de la qualité des eaux superficielles dans le canton de Vaud, tant au niveau global que dans des bassins versants spécifiques. Ces perspectives reposent sur plusieurs initiatives et avancées stratégiques.

La modernisation et l'extension des stations d'épuration devraient permettre d'optimiser la qualité des effluents et de réduire les charges de micropolluants dans les rivières et les lacs. L'adoption de technologies de traitement avancées, telles que les procédés de traitement des micropolluants, promet en effet d'améliorer significativement la qualité de l'eau rejetée aux milieux naturels. Les initiatives de renaturation des cours d'eau continueront à jouer un rôle crucial. En restaurant les habitats naturels, ces projets favorisent la biodiversité et améliorent la résilience des écosystèmes aquatiques face aux pressions anthropiques et climatiques.

La définition de Régions hydrographiques prioritaires pour la qualité des eaux et la mise en place de mesures concertées et coordonnées pour atteindre les exigences de qualité de eaux permettront d'améliorer les équilibres écologiques naturels dans plusieurs bassins versants du canton. Un écosystème naturel est plus résilient et donc essentiel pour faire face aux changements climatiques, tels que l'augmentation des températures et les variations des régimes de précipitations.

Un défi majeur réside dans l'impact de la croissance démographique et de l'urbanisation sur les milieux naturels. La gestion des eaux pluviales et des eaux usées dans les zones urbaines constitue une problématique complexe, nécessitant des solutions techniques, urbanistiques et environnementales significatives.

En milieu rural, la pollution par les nutriments, principalement l'azote et le phosphore, demeure un point d'attention important. Ces éléments, souvent issus de l'agriculture et des eaux usées non traitées, peuvent provoquer l'eutrophisation des cours d'eau et des lacs, perturbant les écosystèmes aquatiques et entraînant des phénomènes tels que les proliférations d'algues ou de cyanobactéries.

La lutte contre les espèces invasives, qu'il s'agisse de faune ou de flore, constitue un autre défi crucial. Ces espèces peuvent perturber les écosystèmes locaux et menacer les espèces indigènes. Leur gestion exige des efforts constants de surveillance et d'éradication pour préserver la biodiversité et la santé des habitats naturels.

L'évolution de la qualité des eaux superficielles du canton de Vaud dépendra de la capacité à mettre en œuvre des solutions innovantes et durables, tout en renforçant la collaboration et la sensibilisation.

Les défis sont nombreux, mais avec une approche intégrée et proactive, il est possible de préserver et d'améliorer la qualité des eaux pour les générations futures. La mise en œuvre du Plan sectoriel de protection de la qualité des eaux (PSEaux-P) doit répondre à ces défis considérables. Ce plan a pour objectif de développer et de mettre en œuvre des mesures efficaces pour contrer les diverses menaces pesant sur les eaux superficielles du canton.



IMPRESSUM

Pilotage et élaboration

Direction générale de l'environnement (DGE)

Direction de l'environnement industriel, urbain et rural (DIREV)

Division protection des eaux (DGE-PRE)

Direction des ressources et du patrimoine naturels (DIRNA)

Division ressources en eau et économique hydraulique (DGE-EAU)

Division biodiversité et paysage (DGE-BIODIV)

Conception et réalisation graphique

DidWeDo

Crédits photographiques

DGE, Grégoire Fiaux, Nathalie Menetrey, Pascal Stucki,
Sandro Marcacci, Michel Roggo, Jean-Michel Zellweger,
Maison de la Rivière, AdobeStock

Date de parution

2024



**DÉPARTEMENT DE LA JEUNESSE,
DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA SÉCURITÉ**
Direction générale de l'environnement (DGE)

