

### État de santé du Léman : entre absence de brassage complet, réussite de la restauration et vigilance écologique

*Durant l'hiver 2025-2026, les eaux du Léman ne se sont une nouvelle fois pas entièrement brassées, prolongeant ainsi une série record de quatorze hivers consécutifs sans brassage hivernal complet. Ce phénomène confirme l'empreinte du changement climatique sur le fonctionnement du lac. Dans ce contexte, les résultats du rapport scientifique 2025 de la CIPEL dressent un bilan contrasté : si plusieurs objectifs sont atteints et témoignent d'une réussite de la restauration de la qualité de l'eau, des transformations profondes du fonctionnement écologique du lac sont également observées.*

#### DES IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE DE PLUS EN PLUS VISIBLES SUR LE LÉMAN

Dans la continuité des années précédentes, les **effets du changement climatique sont visibles** sur le Léman.

Pour la quatorzième année consécutive, le lac n'a pas connu de brassage hivernal complet. En 2026, **le brassage hivernal n'a atteint qu'environ 140 m sur les 309 m de profondeur maximale du Léman**. Or ce brassage dépend d'hivers suffisamment froids, associés à des épisodes venteux marqués, conditions qui deviennent plus rares avec le réchauffement climatique. Cette observation confirme la tendance à une stagnation des eaux profondes et une réduction durable des échanges verticaux.

Ainsi, en l'absence de brassage complet, l'oxygène apporté depuis la surface ne parvient plus jusqu'aux plus grandes profondeurs, tandis que les nutriments restent piégés dans les couches profondes. Cette situation se traduit par **un déficit persistant en oxygène dans les eaux profondes**, appelé hypoxie, et participe à la **diminution progressive de la disponibilité des nutriments dans les couches de surface**, indispensable au phytoplancton et à l'ensemble de la chaîne alimentaire. La concentration moyenne annuelle en oxygène dissous dans les eaux profondes est de 1.6 mg/L, un niveau insuffisant pour couvrir les besoins de la plupart des organismes vivants.

De plus, en 2025, les **eaux de surface se sont réchauffées de 1.7 °C** par rapport à la période de référence 1991-2020, un écart record depuis 1991. Les **températures moyennes saisonnières ont été constamment supérieures aux normes mensuelles**. La **température moyenne au fond du lac a atteint 6.5 °C, un record historique**, conséquence d'une augmentation continue de + 0.1 °C par an depuis 2012.

#### UN LÉMAN SOUS SURVEILLANCE CONTINUE

Le bilan du dernier rapport scientifique montre qu'en 2024, **plusieurs objectifs fixés par la CIPEL sont en voie d'être atteints** :

- Le bilan 2024 montre que le phytoplancton du Léman est de plus en plus dominé par des espèces typiques d'une eau pauvre en nutriments. Ce résultat est illustré par l'indice de Brettum, qui mesure l'état du lac à partir de la composition du phytoplancton. Cet indice a dépassé l'objectif de 4 fixé par la CIPEL et atteint 4.25, sa valeur la plus élevée depuis 1974.
- La biomasse algale moyenne annuelle a atteint 1006 µg/L, soit la valeur observée la plus proche de l'objectif fixé par la CIPEL (1000 µg/L). Cette évolution confirme que la productivité du lac se stabilise et est moins sujette aux efflorescences algales excessives.
- Enfin, la concentration moyenne annuelle de phosphore total, pondérée sur l'ensemble de la colonne d'eau, atteint 15.6 µg/L, des niveaux presque conformes à l'objectif historique de 10-15 µg/L et encore inimaginables il y a vingt ans.

Cette **réussite constitue une étape majeure dans la restauration du Léman**. En réduisant le phosphore, nutriment clé pour la croissance du phytoplancton, les épisodes d'efflorescences algales ont fortement diminué et la qualité de l'eau s'est nettement améliorée. Grâce aux actions conjointes de la France et de la Suisse, impulsées par la CIPEL, **la concentration en phosphore total a fortement diminué**. La construction et l'amélioration des stations d'épuration, l'interdiction des phosphates dans les détergents et la réduction des apports agricoles ont permis de passer de près de **100 µg/L de phosphore total en 1978 à 15.6 µg/L en 2024, son niveau le plus bas depuis 1970**. Il reste toutefois indispensable de maintenir ces efforts d'assainissement pour stabiliser durablement les concentrations de phosphore.



**Ces résultats confirment que le suivi scientifique, la coopération transfrontalière, la mise en cohérence des politiques publiques et les investissements réalisés ont permis de restaurer ce vaste et précieux écosystème qu'est le Léman.**

**Cependant, ces avancées s'inscrivent dans une nouvelle réalité imposée par le changement climatique, qui modifie en profondeur le fonctionnement du Léman.** Le brassage hivernal des eaux devient plus rare et moins intense, ce qui perturbe la répartition de l'oxygène et des nutriments entre les différentes couches du lac et altère la dynamique de cet écosystème.

**Dans ce contexte de transition écologique, la CIPEL souligne la nécessité de faire évoluer le cadre d'évaluation et d'intégrer de nouveaux indicateurs de suivi, afin de mieux appréhender cette nouvelle dynamique et de renforcer la résilience du lac à long terme. Si la restauration trophique peut être considérée comme accomplie grâce à la réduction historique du phosphore, une vigilance écologique soutenue reste indispensable face aux pressions actuelles : changement climatique, espèces invasives et pollutions invisibles telles que les micropolluants et les microplastiques.**

## ENJEUX ACTUELS DU LÉMAN ÉCLAIRÉS PAR DES ÉTUDES SPÉCIFIQUES

Une étude a permis de cartographier la **zone hypoxique au fond du lac**, où les concentrations en oxygène sont inférieures à 4 mg/L : elle représente désormais environ 7 % du volume total du Léman. D'autres travaux se sont penchés sur les facteurs qui contrôlent cette zone : si, autrefois, l'excès de phosphore en était la principale cause, c'est aujourd'hui le changement climatique qui explique surtout le maintien de ces faibles concentrations d'oxygène en profondeur, confirmant l'entrée du Léman dans un nouveau mode de fonctionnement.

En 2024, la **surveillance des micropolluants dans le Léman a porté sur 256 substances : 144 pesticides, 60 résidus de médicaments, 21 éléments traces inorganiques et 31 autres composés organiques, dont les PFAS.** Les résultats montrent une situation globalement stable, sans dépassement des critères de qualité, mais font ressortir plusieurs substances à suivre de près, confirmant la nécessité de poursuivre, avec vigilance, le suivi analytique et les efforts de réduction des apports. En particulier, le 1,2,4-triazole, récemment mis en évidence dans le Léman en quantités significatives, fera l'objet d'un suivi renforcé.

En parallèle, des analyses de **PFAS dans les poissons** montrent que 93 % des individus contiennent des composés à longue chaîne. Le PFOS entraîne encore, pour certains filets et poissons entiers, des dépassements de normes, malgré une tendance générale à la baisse depuis 2008.

La gestion des espèces invasives est également un enjeu majeur : la **moule quagga** modifie profondément le fonctionnement écologique du Léman. Deux études du dernier rapport scientifique montrent que la moule quagga présente des taux de croissance parmi les plus élevés décrits (jusqu'à 0.3 mm par jour pour les plus petits individus, avec une croissance tout au long de l'année) et qu'elle a colonisé le lac jusqu'à 250 m de profondeur, avec une couverture quasi complète des substrats jusqu'à 30 m. Si la densité et la biomasse totales apparaissent globalement stables entre 2022 et 2024, l'augmentation de la taille moyenne des coquilles sur cette période confirme le maintien d'une biomasse très élevée, estimée à environ 800 000 tonnes.

Enfin, une analyse de la **macrofaune benthique**, les organismes vivant au fond du Léman, montre une domination croissante d'espèces exotiques et une érosion progressive de la biodiversité depuis 2017.

**À la lumière de ces résultats, la CIPEL souligne que le Léman est entré dans une phase de transition écologique inédite, où l'atteinte de plusieurs objectifs historiques de restauration contraste avec de nouveaux signaux de vigilance. La CIPEL réaffirme que son action s'appuie sur un suivi scientifique rigoureux pour comprendre ces évolutions et orienter les mesures à prendre, afin de préserver et protéger durablement cette ressource inestimable.**

### Contact presse :

Dre Nicole Gallina – Secrétaire générale  
Commission Internationale pour la Protection des Eaux du Léman (CIPEL)  
+41 (0)22 365 44 30 - [cipel@cipel.org](mailto:cipel@cipel.org) - [www.cipel.org](http://www.cipel.org)

### Lien vers un graphique illustrant les profondeurs de brassage de 1956 à 2025 :

<https://www.cipel.org/wp-content/uploads/2026/03/brassages-graphique-medias-scaled.png>

### Liens vers la documentation de la CIPEL :

[Tableau de bord](#) - [Rapport scientifique](#) - [Rapport d'activité](#)

## DOSSIER DE PRESSE

### 2026 : Brassage hivernal des eaux du lac

Le brassage hivernal du Léman intervient après une période estivale marquée par une forte stratification. Ce processus permet de redistribuer l’oxygène de la surface vers les profondeurs, tout en ramenant les nutriments des eaux profondes vers les couches superficielles.

Un brassage complet se produit lors d’hivers très froids et venteux. Cependant, la hausse des températures hivernales, liée au changement climatique, limite désormais le refroidissement des eaux de surface, réduisant fortement la probabilité d’un brassage intégral. Répétée sur plusieurs années, cette diminution de la fréquence des brassages complets entraîne une baisse durable de l’oxygénation des zones profondes du Léman.

En 2026, le brassage hivernal a atteint une profondeur maximale de 140 m, alors que la moyenne pour la période 2013–2025 est de 130 m. Pour la quatorzième année consécutive, aucun brassage complet ne s’est produit ; le dernier remonte à 2012 (Figure 1).

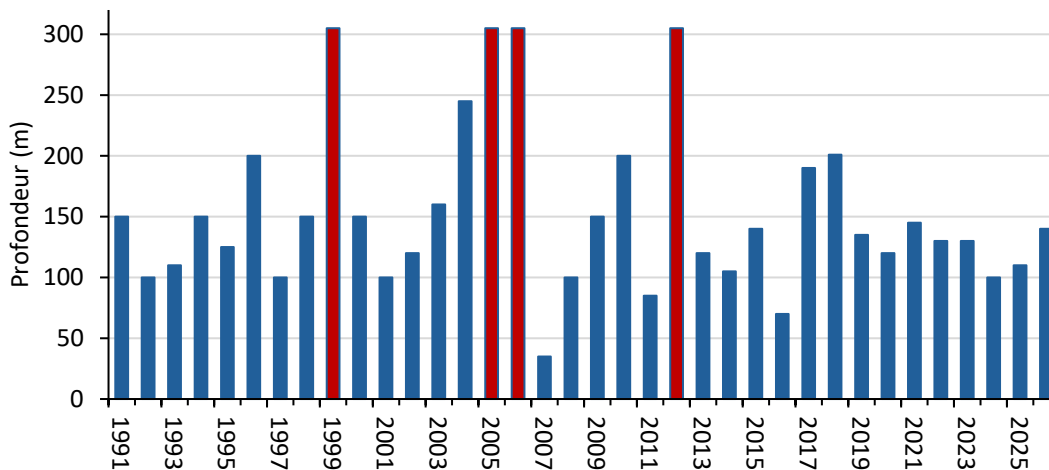


Figure 1. Profondeur maximale du brassage hivernal des eaux du lac de 1991 à 2026. Les brassages hivernaux complets sont indiqués par une barre rouge.

## ÉTAT DE SANTÉ DU LÉMAN - TEL QUE PRÉSENTÉ DANS LE RAPPORT SCIENTIFIQUE 2025

### SYNTHÈSE DES ANALYSES DE L'AUSCULTATION RÉGULIÈRE ET DES ÉTUDES SPÉCIFIQUES MENÉES EN 2024

Chaque année, l'état de santé du Léman est évalué sur la base d'analyses scientifiques portant sur des données physico-chimiques et biologiques récoltées lors des campagnes de suivis menées depuis 1959. Les prélèvements sont réalisés entre Lausanne et Thonon-les-Bains, au point le plus profond du lac : la station de mesure SHL2, qui atteint 309 mètres de profondeur.

En 2024, 18 campagnes de mesures ont été effectuées sur le Léman. Cette évaluation est complétée chaque année par un suivi des micropolluants présents dans les eaux du Léman, permettant d'affiner la compréhension de son état écologique et de détecter l'apparition de nouvelles pressions.

#### Température de surface et du fond du lac

En 2024, la température moyenne annuelle de l'air se classe au 5<sup>e</sup> rang le plus élevé depuis le début des mesures en 1991. Cette situation s'inscrit dans une tendance bien établie : d'année en année, les eaux du Léman se réchauffent progressivement, un phénomène directement lié aux effets du changement climatique.

La température des eaux de surface (0-10 m) en 2024 illustre particulièrement bien cette évolution. La moyenne annuelle 2024 est supérieure de 1.2 °C par rapport à la moyenne de la période de référence 1991–2020. Durant l'hiver, le printemps et l'automne, ces températures ont même dépassé les valeurs habituellement observées entre 1972 et 2023 (Figure 2), ce qui souligne un réchauffement des eaux de surface marqué et durable.

Depuis 1973, la température mesurée à 5 mètres de profondeur augmente de manière régulière (Figure 3). Cette tendance n'est pas limitée aux eaux de surface : les eaux profondes du lac suivent la même trajectoire. À 309 mètres, la température moyenne a atteint 6.4 °C en 2024, un record depuis 1973. En 2012, la température moyenne était de 5.1 °C, soit une hausse de 1.3 °C en 13 ans (Figure 3).

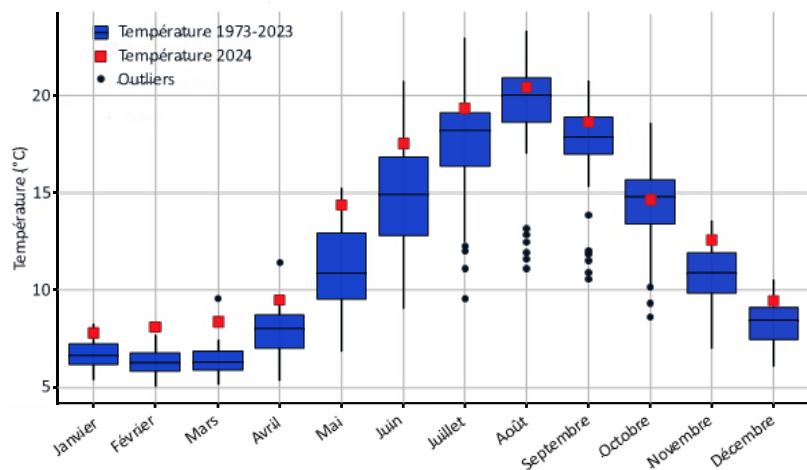


Figure 2. Température moyenne mensuelle de l'eau de la couche superficielle (0-10 m) de la période de référence (1973-2023 ; boxplots bleus) et en comparaison les moyennes mensuelles mesurées 2024 (carré rouge).

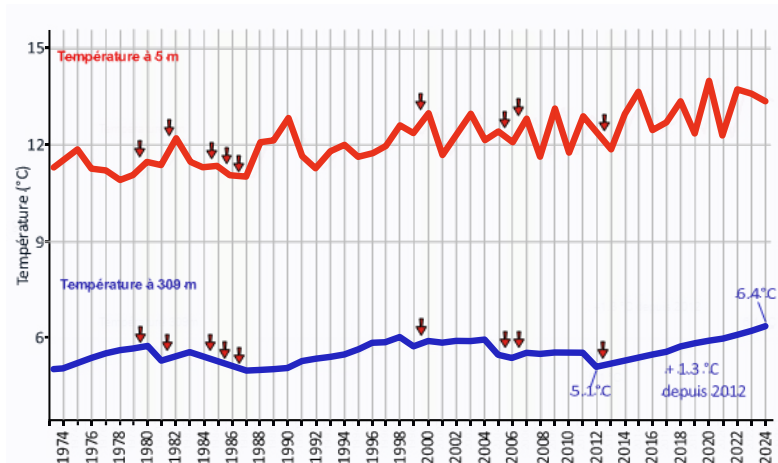


Figure 3. Évolution de la température moyenne annuelle de l'eau dans le Léman aux profondeurs de 5 m et 309 m de 1973 à 2024, au point SHL2. Les flèches rouges indiquent les hivers qui ont conduit à un brassage complet.

### Oxygène dissous dans les eaux profondes

L'hypoxie, c'est-à-dire un manque d'oxygène dissous dans l'eau, peut avoir de lourdes conséquences pour la vie aquatique. Lorsque les concentrations deviennent trop faibles, certains organismes ne parviennent plus à survivre lorsque les seuils de tolérance sont dépassés.

En 2024, les concentrations en oxygène des eaux profondes du Léman présentent une faible variabilité, avec une moyenne annuelle de 1.9 mg/L (Figure 4). Ces observations confirment la tendance observée depuis 2016 : la concentration en oxygène dissous continue de diminuer dans les couches profondes du lac. Ces concentrations sont inférieures à 4 mg/L, soit le seuil minimum de qualité fixé par l'Ordonnance sur la protection des eaux suisses (Figure 4). L'hypoxie profonde est désormais principalement contrôlée par le changement climatique et la rareté des brassages complets.

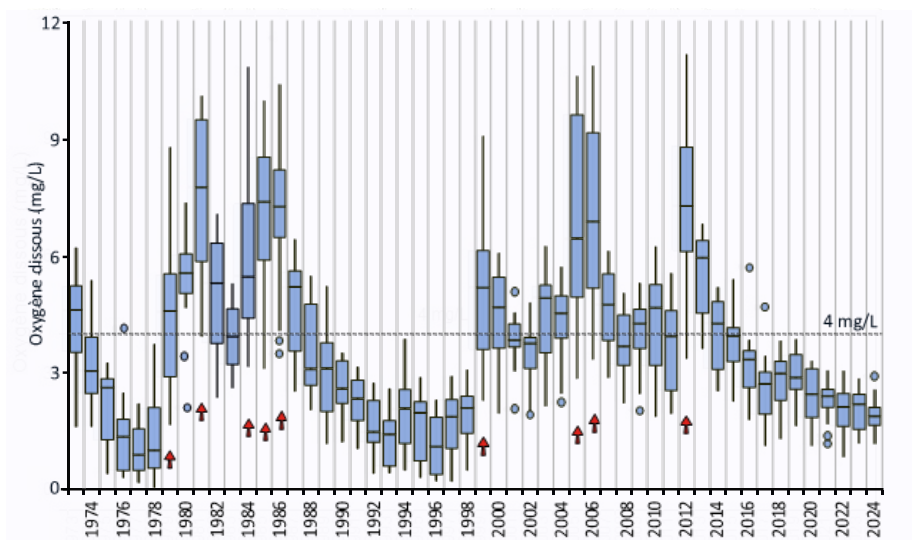


Figure 4. Évolution de la concentration en oxygène dissous dans les eaux à 309 m de 1973 à 2024 (SHL2). Les flèches rouges indiquent les années avec un brassage complet des eaux du lac.

### Phosphore

Le phosphore, indispensable à la vie aquatique, est aussi le principal facteur contrôlant la croissance des algues dans les lacs : lorsqu'il augmente, le risque d'eutrophisation s'accroît. Réduire et maîtriser les apports en phosphore permet donc de limiter les proliférations algales, de préserver la biodiversité et de maintenir les usages du lac, comme l'eau potable, la pêche ou les loisirs.

Au début des années 1970, le Léman connaissait une eutrophisation sévère due à des apports excessifs en phosphore, mais une amélioration remarquable de la qualité de son eau a depuis été obtenue grâce au rôle pionnier de la CIPEL (Figure 5A). Anticipant l'absence de normes suisses ou européennes, la CIPEL a recommandé l'interdiction des phosphates

dans les détergents, formulé ses propres objectifs de concentration en phosphore et proposé des exigences d'efficacité pour les stations d'épuration, affirmant ainsi un positionnement en parfaite cohérence avec sa mission. Cette capacité d'anticipation et son aptitude à proposer des approches adaptées au Léman ont rendu possibles des avancées concrètes, notamment la mise en œuvre coordonnée, sur les deux rives, d'un ambitieux plan de réduction du phosphore. La restauration progressive de la qualité de l'eau qui en a résulté constitue aujourd'hui un exemple de réussite dans la restauration d'un grand écosystème d'eau douce (Figure 5A).

En 2024, la concentration moyenne annuelle en phosphore total s'établit à 15.6 µg/L, soit la concentration la plus faible observée depuis les années 1970 (Figure 5A). Dans l'épilimnion, la concentration moyenne annuelle de phosphore total a diminué de manière continue entre 1970 et 2013, avant de se stabiliser entre 8 et 12 µg/L (Figure 5B). Dans l'hypolimnion, la concentration de phosphore total a également diminué depuis 1978, mais elle demeure plus élevée que dans l'épilimnion (Figure 5B).

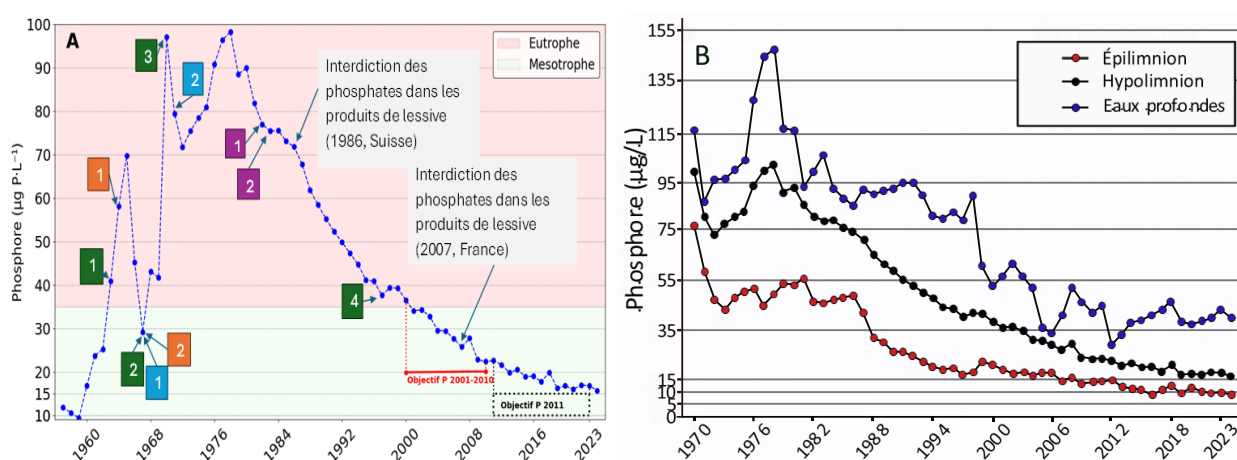


Figure 5. Évolution de la concentration de phosphore à SHL2 (A). Évolution de la concentration moyenne annuelle de phosphore total entre 0 et 309 m. Les numérotations indiquent les recommandations de la CIPEL : en vert, les recommandations liées à l'élimination des phosphates dans les stations d'épuration des eaux usées ; en orange, les recommandations liées au programme de traitement des eaux usées du bassin versant ; en bleu, les recommandations liées à l'élimination des phosphates dans les détergents ; en violet, les recommandations pour limiter les apports en phosphore provenant des terres agricoles. Entre 2001 et 2010, l'objectif a été abaissé à moins de 20 µg/L. Depuis 2011, l'objectif est encore plus strict, avec une concentration visée comprise entre 10 et 15 µg/L. (B) Concentration moyenne de phosphore total dans l'épilimnion (0-15 m, courbe rouge), l'hypolimnion (> 15 m, courbe noire) et les eaux profondes (250 – 309 m, courbe bleue).

L'absence récurrente de brassage hivernal complet limite l'apport de nutriments des profondeurs vers la surface. Ce phénomène entraîne une diminution des orthophosphates (PO<sub>4</sub>) jusqu'à 100 m de profondeur (Figure 6). Les orthophosphates (PO<sub>4</sub>) constituent la forme de phosphore assimilable par le phytoplancton. La concentration de ces dernières est réduite, freinant ainsi la productivité primaire et perturbant l'équilibre trophique et la biodiversité du lac.

La Figure 6 met en évidence les périodes de l'année durant lesquelles la concentration en orthophosphate devient déficitaire dans la colonne d'eau. Les zones bleu clair indiquent les périodes où la concentration en orthophosphate est inférieure à 3 µg/L, soit une concentration insuffisante pour soutenir la croissance du phytoplancton, entraînant ainsi une limitation du processus de photosynthèse.

Ces observations illustrent l'allongement progressif des périodes de déficit en orthophosphate, tant dans leur durée au cours de l'année que dans leur extension en profondeur.

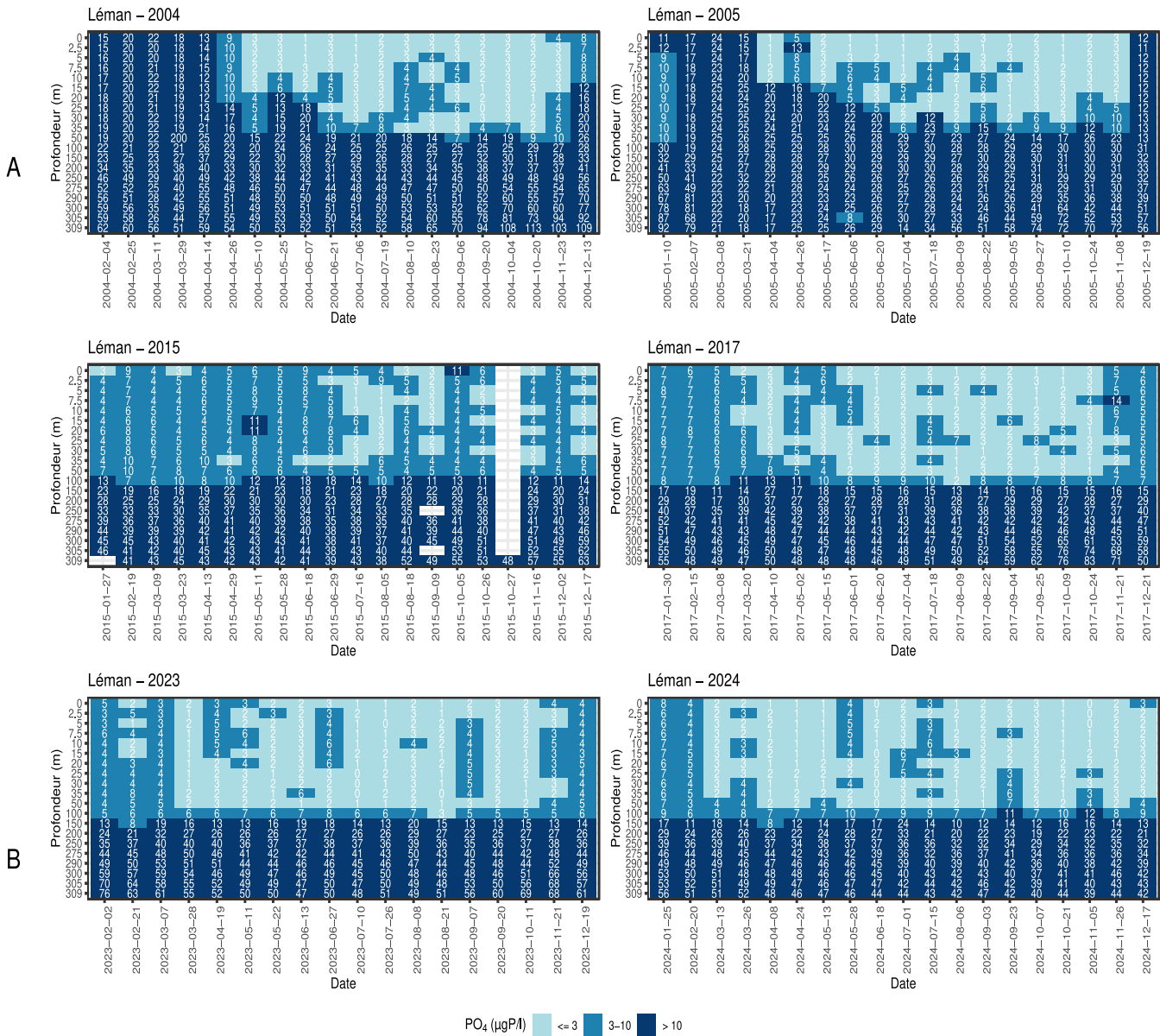


Figure 6. Distribution des concentrations en orthophosphates (PO<sub>4</sub>) pour les années durant lesquelles des épisodes d'efflorescences algales importantes ont été recensés (A) 2004, 2005 et 2015 (efflorescences de *Mougeotia* sp.), 2017 (efflorescence de *Planktothrix rubescens*), ainsi que (B) 2023 et 2024 (deux années récentes).

## Ions chlorure

Les sources d'ions chlorure proviennent des industries et des sels de déneigement utilisés en hiver.

En 2024, la concentration des ions chlorure dans les eaux du Léman a été mesurée à 10.4 mg/L, soit une légère diminution en comparaison à 2023. Après une période de stabilisation entre 2016 et 2021, les concentrations des ions chlorure dans le Léman ont repris une augmentation (Figure 7), jusqu'en 2024, marquée par une légère diminution.

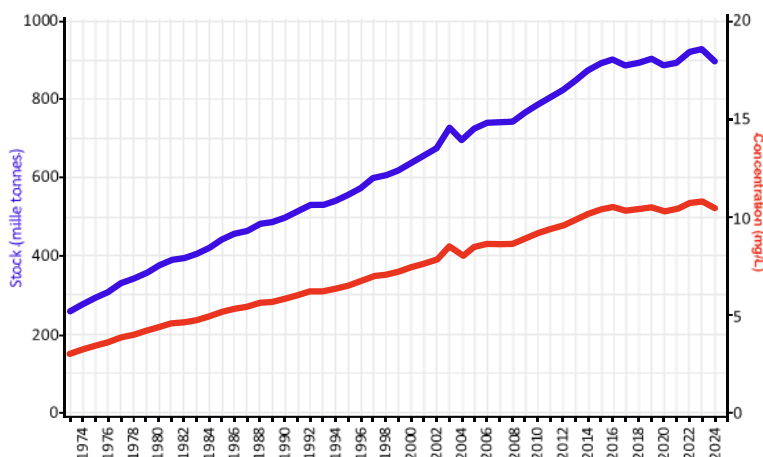


Figure 7. Évolution du stock et de la concentration de chlorures pour l'ensemble de la masse d'eau du lac de 1973 à 2024, Léman - Grand Lac (SHL2). Le graphique illustre la progression continue des chlorures dans le lac au cours des cinq dernières décennies. La courbe bleue représente le stock annuel de chlorures (en millions de tonnes), calculé sur l'ensemble du volume lacustre, tandis que la courbe rouge indique la concentration moyenne annuelle (en mg/L).

## SUIVI BIOLOGIQUE

### Phytoplancton

Le phytoplancton constitue le principal producteur primaire des écosystèmes pélagiques et joue un rôle central dans le fonctionnement des lacs. Sa diversité varie au fil des saisons et d'une année à l'autre, ce qui en fait un indicateur écologique particulièrement pertinent pour évaluer l'état de santé des milieux lacustres.

En 2024, la biomasse annuelle est assez faible (1006 µg/L), soit une valeur inférieure à la moyenne des 10 années précédentes (Figure 8A). Cette biomasse annuelle est légèrement supérieure à l'objectif proposé par la CIPEL (1000 µg/L). L'année 2024 se distingue également par la proportion exceptionnellement élevée de taxons tolérant les crues, la plus forte observée depuis le début du suivi. Ces taxons sont d'ailleurs en augmentation depuis plus d'une décennie (Figure 8A).

L'état trophique des lacs peut être évalué au moyen d'indices basés sur la composition taxonomique et la biomasse phytoplanctonique. Parmi ceux-ci, l'indice de Brettum (1989) s'est révélé particulièrement adapté aux grands lacs alpins. Il attribue à 133 taxons une classe de préférence en fonction de leur affinité pour le phosphore total. Plus la valeur de l'indice est élevée, plus le lac est oligotrophe.

Pour le Léman, cet indice montre une évolution continue vers un état de plus en plus oligotrophe, traduisant une amélioration notable de l'état trophique (Figure 8B). En 2024, l'indice Brettum atteint 4.25, valeur correspondant à un bon état écologique. Il s'agit du niveau le plus élevé de toute la chronique, situé juste en dessous du seuil du très bon état. Cette valeur dépasse l'objectif fixé par la CIPEL (4) et se rapproche progressivement de la valeur de référence (4.62) qui correspond à un écosystème non impacté par les activités humaines.

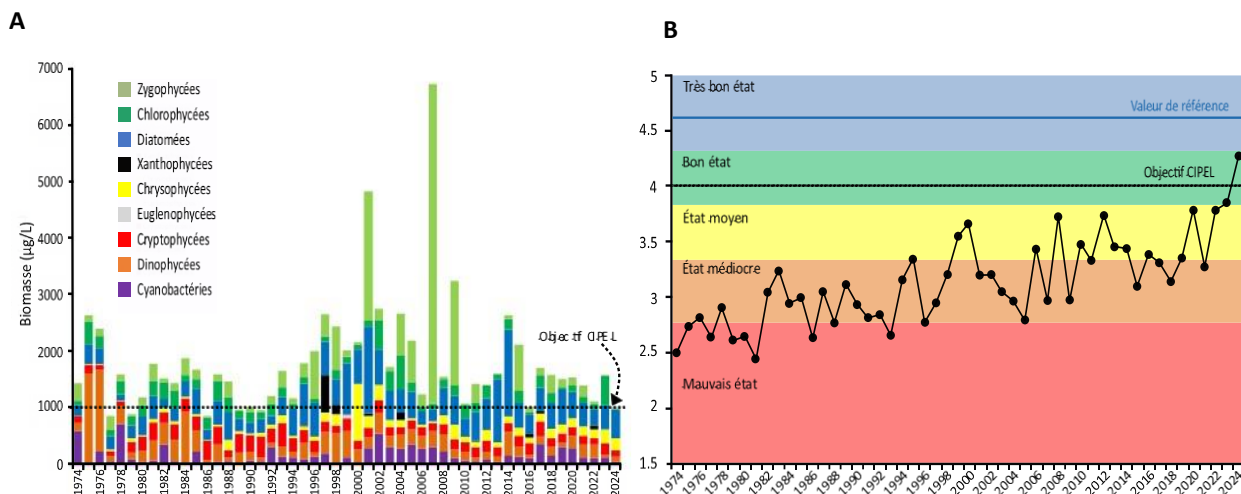


Figure 8. A) Évolution interannuelle (1974-2024) des principales classes algales (biomasse annuelle moyenne ; SHL2). La CIPEL a fixé à 1000 µg/L la biomasse annuelle moyenne à ne pas dépasser dans le Léman. B) Évolution de l'indice trophique phytoplancton Brettum (1989) à SHL2. La valeur de référence correspond à un écosystème non impacté par les activités humaines.

## Zooplancton

Le zooplancton constitue un maillon majeur dans le fonctionnement de l'écosystème : il est à la fois un régulateur de l'abondance du phytoplancton dont il se nourrit et une source de nourriture pour les consommateurs secondaires. Il représente donc un maillon essentiel du réseau trophique pour le transfert de la biomasse phytoplanctonique aux consommateurs supérieurs.

La majorité des taxons de zooplancton présente des tendances interannuelles fortement marquées (Figure 9). Leur abondance dépend de la quantité et de la qualité de la ressource alimentaire (matière organique en suspension, biomasse phytoplanctonique, abondance des autres organismes zooplanctoniques pour les espèces prédatrices) et par la pression de prédation exercée par les consommateurs secondaires et supérieurs, tels que les poissons planctivores.

L'évolution interannuelle de l'abondance des microcrustacés en 2024 reste cohérente avec les années précédentes et les observations des années passées sont confirmées : la tendance à la baisse reste marquée pour les cyclopoïdes, calanoïdes ainsi que pour *B. longimanus* et *L. kindtii* (Figure 9). Cette diminution reflète une chute de la productivité du lac. À l'inverse, les cladocères herbivores présentent en 2024 une légère augmentation d'abondance par rapport à 2023 (Figure 9).

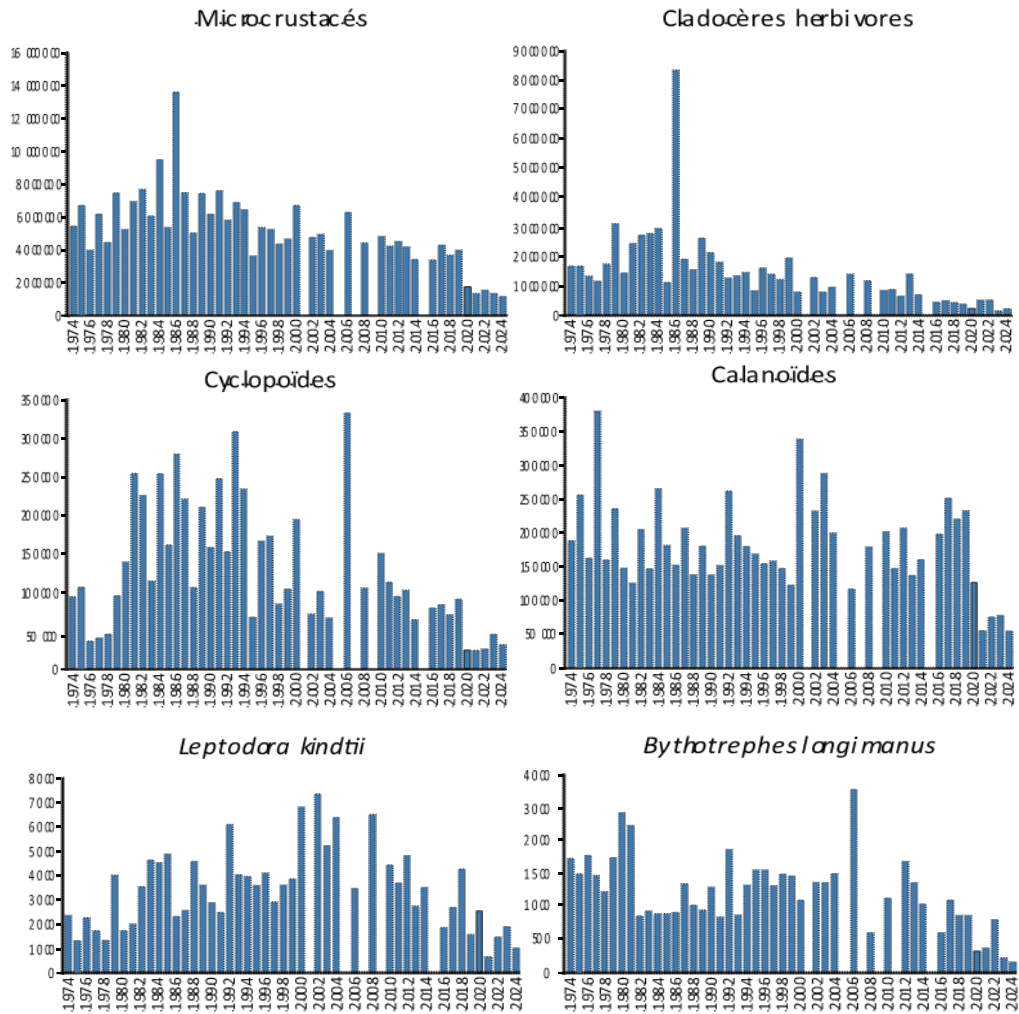


Figure 9. Évolution interannuelle de l'abondance moyenne des différentes catégories de zooplancton microcrustacéen à SHL2 (moyenne de mars à septembre). En raison du manque d'échantillons, les données des années 2001, 2005, 2007, 2009 et 2015 n'ont pas été incluses. Pour l'année 2020 les moyennes ont été calculées de mai à septembre.

## Dynamique saisonnière des moules zébrées et moules quaggas

La moule quagga (*Dreissena bugensis*), un mollusque originaire du bassin de la Caspienne, a envahi le Léman en moins de dix ans, transformant profondément les fonds du lac. En 2022, elle a été recensée sur l'ensemble du littoral, et à des profondeurs comprises entre 10 et 310 mètres. Aujourd'hui, les densités dépassent 50 000 individus par m<sup>2</sup> et la biomasse atteint près de 800 000 tonnes, faisant de la quagga un véritable « ingénieur de l'écosystème » qui filtre l'eau, modifie les cycles chimiques et appauvrit la chaîne alimentaire.

Une fois installée, l'espèce est impossible à éradiquer : les méthodes mécaniques d'aspiration sont inefficaces et peuvent même accélérer sa recolonisation. Les impacts sur les usages du Léman sont majeurs : obstruction des infrastructures d'eau potable, encrassement des bateaux, perturbation des habitats, risques pour les baigneurs et coûts économiques considérables.

La propagation se fait principalement via les activités nautiques, ce qui transforme le Léman en source de contamination pour d'autres lacs. Face à ce défi, la CIPEL a placé la quagga au cœur de son plan d'action, multipliant études scientifiques, actions de gestion et campagnes de sensibilisation. Les mesures de prévention — nettoyer, sécher, vérifier le matériel et informer les usagers — sont aujourd'hui les outils les plus efficaces pour limiter la dispersion.

Un suivi régulier des larves de *Dreissena sp.* (moule quagga et moule zébrée) est réalisé au point SHL2 (Figure 10). Jusqu'en 2016, l'abondance des larves restait globalement stable d'une année à l'autre, avec un pic marqué en été. À partir de 2017, un changement notable de phénologie est apparu : des larves sont désormais observées aussi durant l'hiver, ce qui n'était pas le cas auparavant. Cette évolution est très probablement liée à l'installation de la moule quagga. En 2024, cette tendance se confirme : des larves sont détectées dès le mois de février, témoignant d'une reproduction plus précoce que ce qui était observé jusque-là (Figure 10).

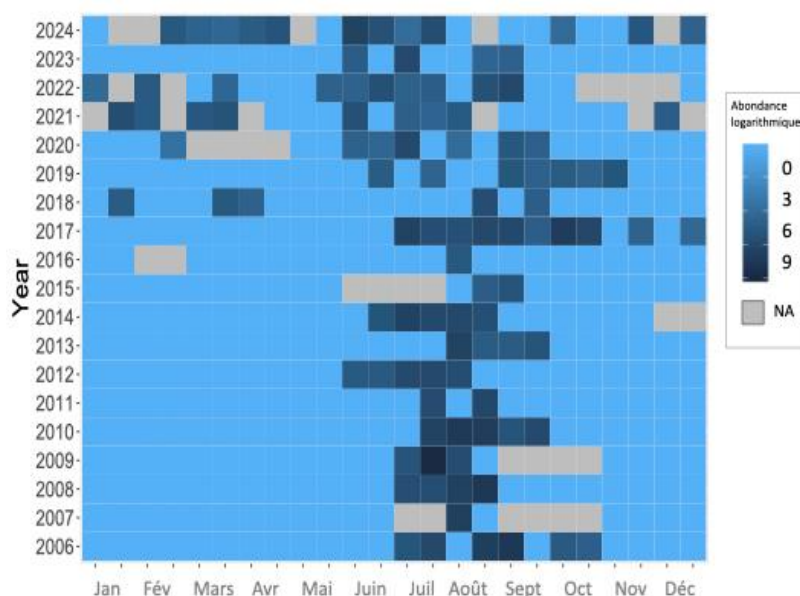


Figure 10. Évolution interannuelle de la dynamique saisonnière de *Dreissena sp.* à SHL2. Les abondances sont exprimées en valeurs logarithmiques naturelles.

## Régime alimentaire du corégone

Les poissons qui se nourrissent de zooplancton, comme le corégone (*Coregonus sp.*), jouent un rôle important dans le fonctionnement du lac. En consommant le zooplancton, ils influencent la composition et l'organisation des communautés planctoniques. Le suivi des contenus stomacaux des corégones permet d'identifier leurs principales proies et d'améliorer nos connaissances sur le rôle de cette espèce dans le réseau trophique du Léman.

En 2024, le régime alimentaire du corégone est dominé par les cladocères (Figure 11). La dynamique saisonnière reste similaire aux années précédentes, avec un pic de daphnies en hiver et au printemps, puis une plus forte présence de cladocères carnivores en été et en automne. Malgré leur faible abondance dans le lac, les daphnies ont fortement

contribué au régime alimentaire des corégones (Figure 11). Ainsi, l'année 2024 se distingue par une forte présence de daphnies de janvier à juin, semblant marquer la fin de la baisse observée les années précédentes.

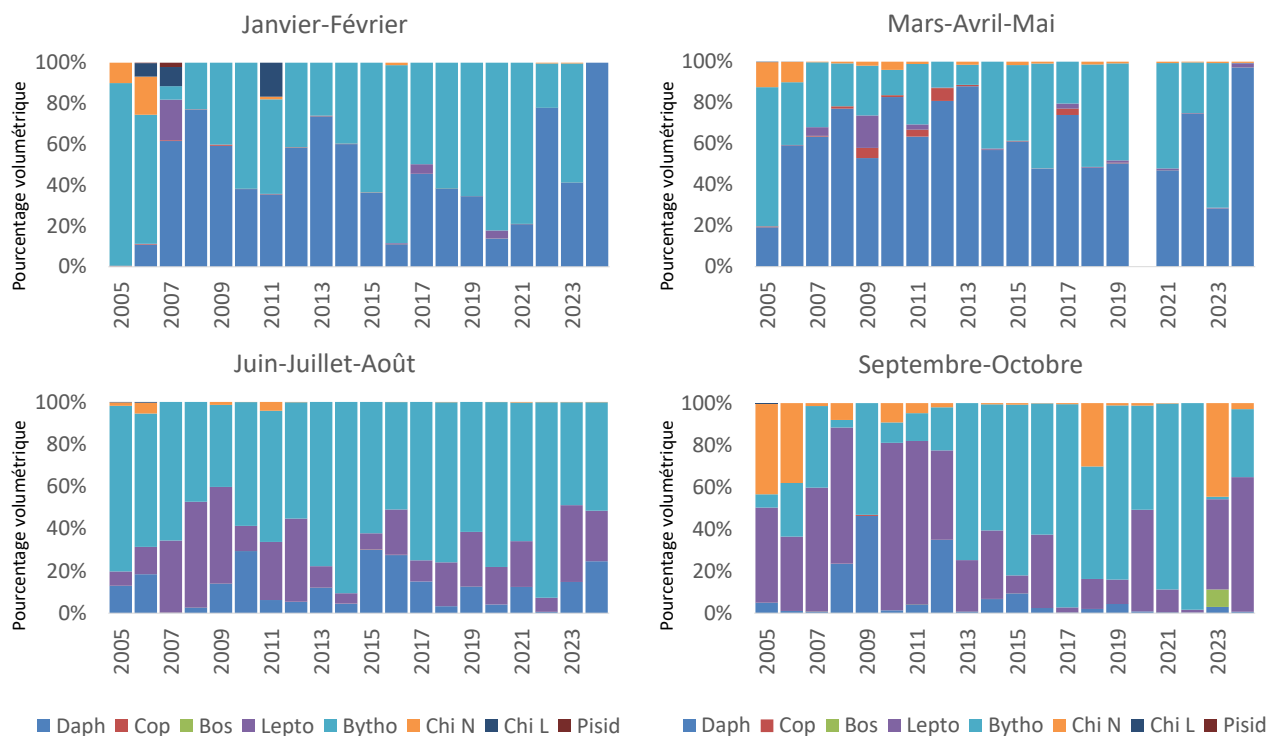


Figure 11. Évolution saisonnière de 2005 à 2024 des contenus stomacaux de corégones au Léman. Pour l'année 2015, le mois d'août n'a pas été pris en compte dans le calcul de la moyenne saisonnière ; cela a également été le cas pour le mois de janvier en 2009 et 2010, le mois de février en 2024, et le mois d'octobre en 2009, 2010, 2022 et 2023.

### Suivi de la reproduction de la perche et du corégone

La période de reproduction du corégone et de la perche constitue un bon indicateur des effets du changement climatique sur le Léman. En effet, les variations de températures peuvent influencer les comportements de reproduction de certaines espèces.

Pour le corégone, l'hiver 2023–2024 a été marqué par une reproduction plus précoce que l'année précédente. Ce phénomène est probablement en lien avec une diminution plus rapide des températures de l'eau en fin d'année 2023 (Figure 12). Le suivi montre aussi une activité de reproduction plus faible qu'en 2023, ce qui pourrait traduire un nombre réduit de poissons adultes présents sur le site.

Chez la perche, c'est l'inverse : la reproduction a commencé plus tard qu'en 2023, vraisemblablement à cause d'une chute de la température de l'eau au printemps liée à plusieurs épisodes venteux (Figure 12). Comme en 2023, la plupart des pontes ont été observées sur la frayère la plus profonde, autour de 20 mètres. Cette observation corrobore la tendance amorcée depuis 2015 d'un déplacement progressif des sites de ponte de la perche vers des profondeurs accrues. Les températures de l'eau enregistrées à 20 mètres sont favorables à la reproduction de la perche (températures > 10 °C).

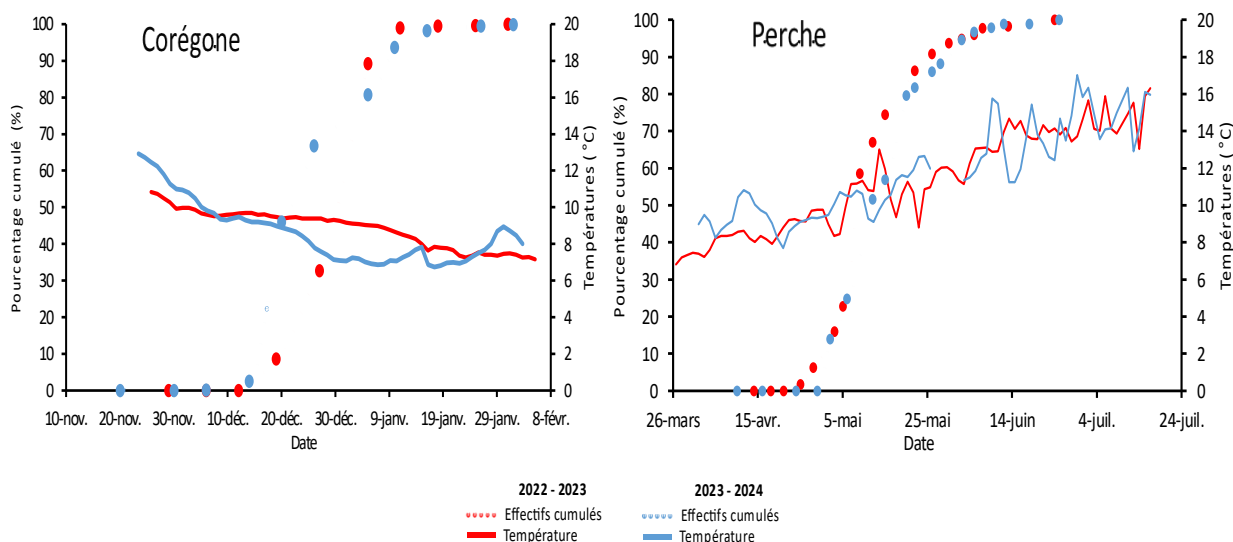


Figure 12. Effectifs cumulés, exprimés en pourcentage, calculés à partir de l'ADNe en nombre de copies/L d'eau pour les hivers 2022-2023 (courbe pointillée rouge) et 2023-2024 (courbe pointillée bleue). Données de températures moyennes journalières mesurées à proximité du site, à 1 m de profondeur.

## SUIVI DES MICROPOLLUANTS

Le suivi des micropolluants présents dans les eaux du bassin lémanique et du Léman constitue une des priorités pour la CIPEL. Une surveillance régulière est indispensable pour préserver les usages du lac, notamment l'approvisionnement en eau potable, la pêche et les activités de loisirs. À cette fin, la CIPEL coordonne un programme de mesures réalisé quatre fois par an à la station SHL2 et collabore avec les territoires pour le suivi des affluents.

En 2024, 256 substances ont été recherchées, dont 144 pesticides, 60 résidus de médicaments et hormonaux, 26 éléments traces inorganiques et 26 substances diverses.

Le suivi 2024 dans le lac se distingue par la surveillance ciblée de 17 PFAS dont le TFA, en cohérence avec le protocole appliqué depuis 2023 sur le Rhône, ainsi que par l'intégration de 9 nouvelles substances sélectionnées à partir des analyses de *screenings* réalisées entre 2021 et 2023.

### Pesticides

La campagne de 2024 comporte le suivi de 144 pesticides : 67 herbicides, 33 fongicides, 32 insecticides et/ou acaricides et 12 métabolites de pesticides. Ces derniers incluent l'ADMP (2-amino-4,6-diméthoxypyrimidine), un métabolite des herbicides de la famille des sulfonilurées. Cette substance a été ajoutée spécifiquement en 2024 du fait de sa détection lors des analyses exploratoires en 2022 et 2023.

La somme des concentrations de pesticides reste en dessous de la limite fixée pour l'eau potable (soit une concentration <0.5 µg/L) selon l'ordonnance du DFI sur l'eau potable en Suisse (OPBD) et les directives européennes (Directive UE-2020/2184).

Sur les cinq dernières années, les résultats montrent une tendance générale à la baisse des concentrations de pesticides (Figure 13). Toutefois, cette conclusion doit être interprétée avec prudence : elle prend en compte uniquement 111 substances suivies chaque année, et ne tient pas compte des substances ajoutées récemment. Par exemple, l'ADMP, intégré seulement en 2024, représente à lui seul jusqu'à 44 % de la somme totale cette année. Cela suggère que la diminution de la somme des concentrations de pesticides observée pourrait ne pas refléter la réalité complète de la contamination du lac. La concentration des pesticides est plus forte en surface et diminue dans les eaux plus profondes.

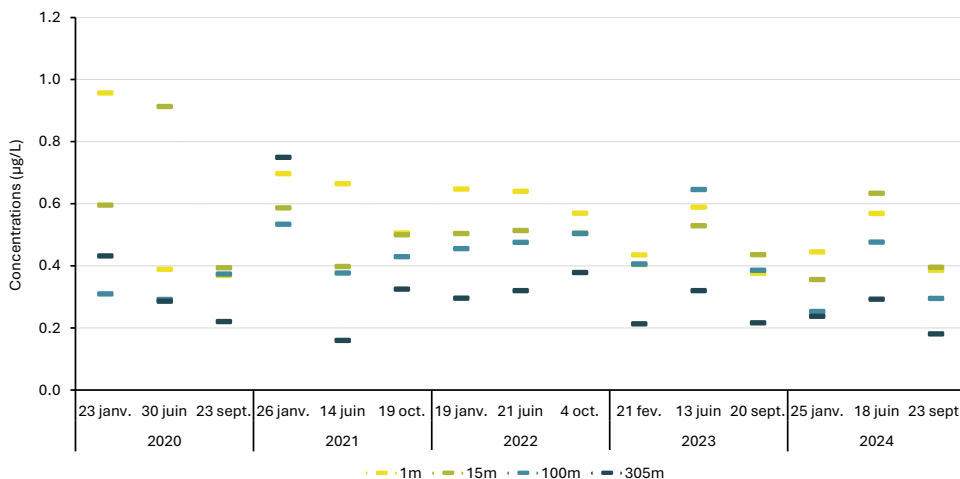


Figure 13. Évolution de la somme des concentrations en pesticides recherchés au centre du Léman (station SHL2) de 2020 à 2024 aux différentes profondeurs. Données harmonisées sur les 111 substances analysées chaque année sur cette période.

### Résidus médicamenteux

Lors des prélèvements de 2024, 21 substances différentes ont été quantifiées dans les eaux du Léman à SHL2. La metformine est la principale substance retrouvée à toutes les profondeurs et toutes les périodes (ce constat est valable d'année en année). Elle participe jusqu'à 85 % à la pollution aux résidus médicamenteux.

Si l'on considère les substances analysées chaque année depuis cinq ans, la somme des concentrations en résidus médicamenteux varie entre 0.18 et 0.96 µg/L (Figure 14). On observe une légère tendance à la baisse de 2020 à 2024 sur le suivi régulier. Contrairement aux pesticides, les concentrations en résidus médicamenteux sont plus importantes au fond du lac qu'en surface.

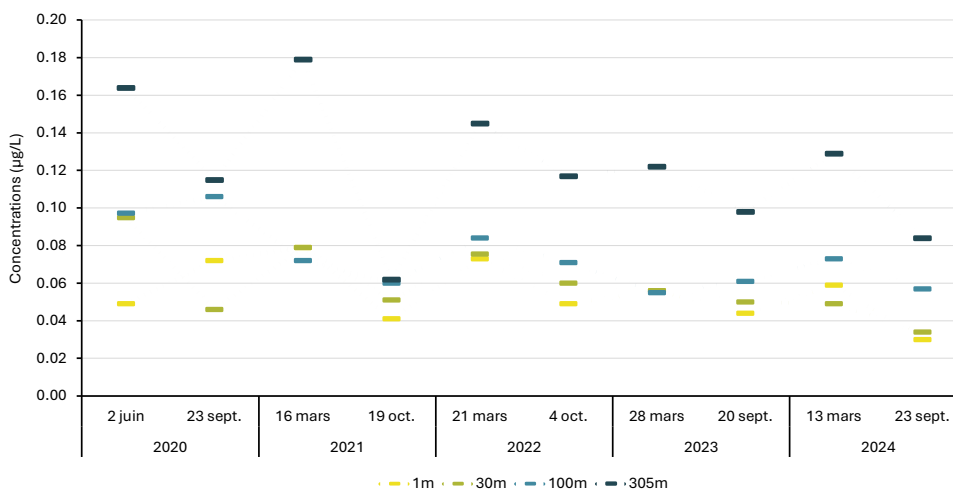


Figure 14. Évolution de la somme des concentrations en substances médicamenteuses au centre du Léman (station SHL2) de 2020 à 2024 aux différentes profondeurs. Les données ont été harmonisées, à savoir que les substances non analysées chaque année ont été exclues.

### Éléments traces inorganiques

Pour les éléments traces inorganiques les résultats de 2024 sont comparables à la campagne de 2023. Au total, 21 éléments ont été quantifiés sans dépassement des normes suisses et européennes (OPBD, OEaux et CE/1998/8314). Les concentrations des métaux les plus toxiques (mercure, plomb, cadmium et chrome) restent faibles voire inférieures à la limite de détection de la méthode et ne posent aucun problème en regard des valeurs limites législatives.

Le Strontium, élément le plus important avec des concentrations oscillantes entre 430 µg/L et 497 µg/L, représente environ 90 % des concentrations en éléments traces inorganiques à SHL2. Le strontium est un élément naturellement présent dans les eaux, suite à l'érosion des roches (Figure 15).

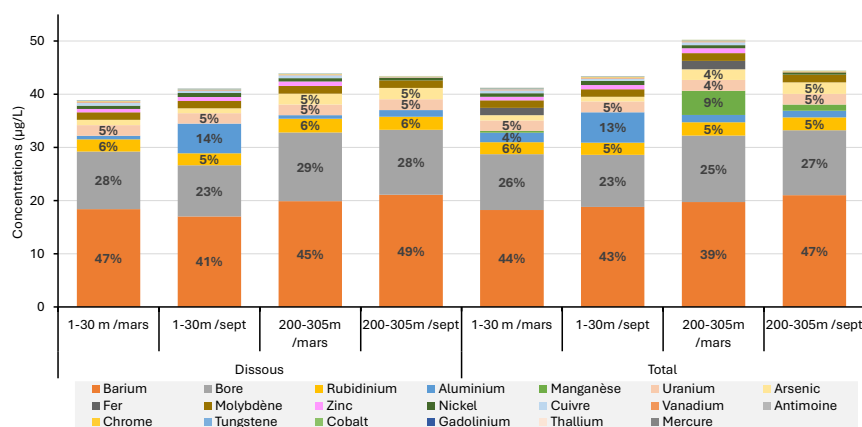


Figure 15. Participation des substances à la somme des concentrations en éléments traces inorganiques au centre du Léman (station SHL2) en 2024 aux différentes profondeurs et lors des 2 campagnes.

### Autres substances organiques

Le suivi régulier du Rhône et du Léman prend également en considération d'autres substances organiques, principalement des substances de nature industrielle, dont les résultats sont présentés ci-dessous.

En 2024, cinq substances per- et polyfluoroalkylées (PFAS) ont été quantifiées au moins une fois dans le Léman. De manière générale, le PFOS est la substance qui est retrouvée le plus fréquemment dans le Léman.

Le 1,4-dioxane a été détecté dans les 4 échantillons avec une concentration moyenne de 0.13 µg/L, identique à celle de 2022 et 2023.

Le benzotriazole et le tolytriazole sont deux substances retrouvées dans des additifs anticorrosifs et qui sont fréquemment retrouvés dans les eaux usées étant donné leur utilisation dans des produits courants. Ces substances sont très peu dégradées dans les STEP, et ont été retrouvées dans tous les échantillons prélevés à SHL2, avec des concentrations moyennes respectives de 0.05 µg/L et 0.02 µg/L.

La mélamine est utilisée dans les plastiques durs de type vaisselle jetable mais aussi dans les surfaces mélaminées de bois d'ameublement. Dans le Léman, la mélamine est retrouvée dans les quatre échantillons mesurés, avec une concentration moyenne de 0.17 µg/L et des valeurs allant de 0.01 à 0.34 µg/L. La valeur moyenne correspond à une charge d'environ 15 tonnes estimées dans le Léman pour cette substance.

L'acide tétrachlorophthalique est la principale matière première utilisée pour la production de résine, de pigments et de polymères. Cette substance est retrouvée dans les quatre échantillons du Léman, avec une concentration moyenne de 0.83 µg/L et des valeurs allant de 0.65 à 1.33 µg/L. La valeur moyenne transformée en charge correspond à environ 74 tonnes estimées dans le Léman pour cette substance.

### Conclusion du suivi des micropolluants

Les résultats de l'année 2024 montrent une tendance similaire aux années précédentes avec une baisse des concentrations pour certains polluants, comme la guanylurée. Aucun dépassement des critères de qualité environnementale définis par le Centre Ecotox au niveau suisse n'est observé dans le lac. Toutefois, de nouveaux micropolluants ont été ajoutés au suivi en 2024 et sont détectés à des concentrations préoccupantes.

Ces résultats confirment la nécessité de poursuivre la veille scientifique et d'élargir le champ du suivi analytique lorsque de nouvelles substances pertinentes sont identifiées. Ils invitent également à poursuivre les efforts entrepris depuis des années au niveau du bassin versant afin de réduire les apports de micropolluants dans le Léman.

## ÉTUDES SPÉCIFIQUES

Les études spécifiques menées en 2024 apportent un éclairage approfondi sur plusieurs enjeux environnementaux du Léman.

### Analyses de PFAS dans les poissons

En 2024, une nouvelle campagne d'analyses a été menée pour mieux connaître la présence des PFAS dans les poissons du Léman et pour compléter les analyses effectuées depuis 2008. Au total, 119 poissons ont été étudiés, issus à la fois de l'inventaire piscicole de septembre 2024 et d'achats réalisés par les chimistes cantonaux romands. Les scientifiques ont analysé séparément les filets, les carcasses et les foies, ce qui a permis de reconstituer les niveaux de contamination dans le poisson entier.

Les PFAS à longue chaîne sont très courants : 93 % des poissons en contiennent. Parmi tous les composés mesurés, c'est le PFOS qui domine largement, avec des concentrations bien plus élevées que les autres PFAS. Aucun des produits de remplacement récents (GenX, DONA, F53B) n'a été détecté.

Dans les filets, 3 lottes, 5 brochets et 2 truites dépassent les limites légales. Pour les poissons entiers, 19 des 44 échantillons (soit 43 %) dépassent la norme écologique liée au risque d'empoisonnement des prédateurs, uniquement à cause du PFOS.

Enfin, les données historiques montrent une baisse progressive du PFOS dans les poissons du Léman depuis 2008, tandis que certains PFAS à longue chaîne augmentent dans les filets de perche, ce qui appelle à maintenir une vigilance renforcée.

### Zone hypoxique

La concentration en oxygène dissous dans l'eau est un paramètre essentiel pour les organismes aquatiques. Les suivis réguliers du Léman à SHL2 font état d'une zone profonde du lac à une faible concentration en oxygène (hypoxie), inférieure à 4 mg/L (selon l'Ordonnance suisse sur la protection des eaux, OEaux). L'objectif de cette étude est de caractériser la surface et le volume de la partie du lac qui est en hypoxie. Cette zone a été caractérisée à partir des mesures de la concentration d'oxygène dissous réalisés en plusieurs points du lac et selon différentes profondeurs. Les résultats indiquent que la distribution des concentrations d'oxygène dissous n'est pas horizontale, mais tend plutôt à présenter une distribution incurvée : les faibles concentrations en oxygène tendent à remonter plus haut sur les bords du lac. En 2024, environ 7 % du volume du lac est en hypoxie.

### Écophysiologie de la moule quagga

Cette étude s'intéresse à la croissance de la moule quagga dans le Léman, en utilisant une méthode innovante basée sur l'analyse de photographies 3D. La croissance des moules a été suivie pendant une année complète, et des analyses ont été effectuées pour déterminer l'influence de la saison, de la profondeur et du type de substrat sur le taux de croissance des moules. Les résultats mettent en avant que les moules quaggas ont une croissance indépendante de la saison, du substrat et de la profondeur. Selon cette étude, le taux de croissance des moules est plus important lorsque les individus sont de petite taille.

### Prospective phosphore

Historiquement, les faibles concentrations en oxygène (hypoxie) dans les eaux profondes du lac ont été causées par l'apport conséquent de phosphore au lac, correspondant à la période d'eutrophisation du lac. Depuis les années 1980, les concentrations de phosphore dans le lac ont nettement diminué. Malgré cela, l'hypoxie des eaux profondes persiste. L'étude « prospective phosphore » s'est intéressée aux facteurs qui contrôlent désormais la concentration d'oxygène au fond du lac. A partir d'une approche de modélisation employant des données limnologiques et paléolimnologiques, l'étude a permis de mettre en évidence que l'hypoxie des eaux profondes du lac est désormais contrôlée par les effets du changement climatique, notamment l'absence continue et répétée de brassage hivernal complet. L'étude précise également qu'une réduction des concentrations de phosphore, similaires à celles observées avant l'eutrophisation du lac, ne permettra pas de rétablir l'oxygénation des eaux profondes. L'étude conclut que le Léman est en transition vers un nouvel état écologique, marqué par une hypoxie structurelle des eaux profondes, où les épisodes d'oxygénation deviendront de plus en plus rares sous l'effet du changement climatique.



## Suivi de la macrofaune invertébrée benthique

Depuis 2024, le canton de Genève, le canton de Vaud et Thonon Agglomération ont un protocole commun pour effectuer le suivi des communautés de macroinvertébrés benthiques. L'analyse des données récoltées en 2024 et lors des campagnes précédentes permettent de dresser un bilan à large échelle et d'évaluer l'incidence des espèces exotiques sur la macrofaune benthique du Léman.

Les communautés observées sont dominées en abondance par cinq taxons représentant plus de 90 % des individus : 71 % pour trois taxons exotiques (le crustacé *Dikerogammarus*, le gastéropode *Potamopyrgus antipodarum* et les Dreissènes), et 19 % pour les diptères chironomes et les oligochètes.

Malgré la présence marquée d'espèces invasives sur l'ensemble des stations, dont la moule quagga, la diversité des communautés est variable selon les territoires. Les communautés de macro-invertébrés dans le canton de Genève présentent des compositions distinctes, avec davantage de taxons rares ou absents ailleurs.

La comparaison des résultats obtenus en 2024 avec les années précédentes met en avant une certaine stabilité des communautés depuis 2021. En revanche, une érosion de la biodiversité est observée depuis 2017, probablement en lien avec l'arrivée de la moule quagga en 2015.

## Suivi de la moule quagga

Depuis 2022, un suivi biennuel de la moule quagga est effectué sur 72 sites du Léman. Ce suivi a été reproduit en 2024 et sera poursuivi en 2026 afin de caractériser l'évolution de la moule quagga dans le Léman.

L'analyse et la comparaison des suivis réalisés en 2022 et 2024 met en évidence une distribution de la moule quagga de 10m à 250m de profondeur, avec une couverture complète des zones jusqu'à 30m de profondeur. La densité des individus et leur biomasse diminue avec la profondeur du lac. La comparaison des résultats de 2022 et 2024 ne montre pas d'évolution significative pour ces deux variables. En revanche, la longueur des coquilles a augmenté de manière significative entre 2022 et 2024, suggérant une augmentation de la biomasse des moules. La biomasse de la moule quagga diminue fortement lorsque la température de l'eau descend en dessous de 5 à 6 °C ou lorsque la teneur en oxygène dissous passe en dessous de 9 à 10 mg/L. Ces observations faites dans le Léman sont cohérentes avec des observations faites sur d'autres lacs dans le monde. Ces observations font partie d'une campagne de surveillance de la moule quagga, dont les prochains relevés prévus en 2026 permettront de déterminer une analyse complète des données de surveillance, de leur interprétation et des conséquences pour le fonctionnement du lac.

## Déversoirs d'orage

L'étude sur les déversoirs d'orage (DO) a permis de réaliser un état des lieux du cadre réglementaire en vigueur et de synthétiser les connaissances disponibles sur les principaux DO du territoire de la CIPEL.

Les travaux menés en 2024–2025 s'inscrivent dans la continuité du premier état des lieux réalisé en 2015–2016 ainsi que de la recommandation adoptée par la CIPEL en 2019. En 2024, une nouvelle action a été engagée par Loïc Cattin, pour comparer les cadres législatifs des territoires et à actualiser l'état des lieux relatif à la réalisation des diagnostics de réseaux et au suivi des déversoirs d'orage. Un groupe de travail d'experts des différents territoires a été mis en place pour accompagner la démarche.

L'enquête a été réalisée au moyen d'un questionnaire adressé aux gestionnaires des réseaux d'assainissement. Elle ciblait les principaux réseaux du territoire CIPEL, c'est-à-dire les STEP dont la capacité nominale dépasse 10 000 équivalent-habitants. Au total, 45 STEP sur 62 ont participé à l'enquête, représentant 77 % de la capacité nominale totale du territoire CIPEL. Les questions portaient notamment sur la réalisation des diagnostics de réseaux, l'emplacement et l'équipement des déversoirs d'orage. À l'issue de cette enquête une première cartographie à l'échelle CIPEL a pu être produite, rassemblant des données jusqu'alors cantonnées à certaines frontières administratives et de réaliser une nouvelle estimation de la quantité et de la localisation des principaux DO du territoire de la CIPEL.

En matière de suivi des déversements d'eaux usées et d'équipement des déversoirs, les résultats mettent en évidence une faible évolution par rapport à l'étude réalisée en 2015, ce qui ne permet pas d'atteindre pleinement les objectifs formulés par la CIPEL en 2019. Le rapport présente également une comparaison des cadres législatifs suisse et français.

## Conclusion

Les résultats de l'auscultation du Léman en 2024 font état d'une nouvelle réalité. Après plusieurs décennies d'efforts, la restauration trophique du Léman est aujourd'hui un succès reconnu. Les concentrations en phosphore ont quasi atteint les niveaux fixés par la CIPEL, des valeurs encore inatteignables il y a vingt ans. Ce résultat est le fruit d'une coopération transfrontalière exemplaire, d'investissements constants des scientifiques, des collectivités et de politiques publiques cohérentes.

Cette réussite fait apparaître une réalité nouvelle. Sous l'effet du changement climatique et de l'expansion d'espèces exotiques invasives, la disponibilité du phosphore dans les couches productives ne suit plus les dynamiques d'autrefois. L'objectif historique, centré sur la réduction des apports, ne suffit plus à lui seul pour décrire l'évolution du lac. Nos analyses montrent la nécessité d'adapter notre cadre d'évaluation, d'intégrer de nouveaux indicateurs et de repenser notre lecture du Léman pour en garantir la résilience à long terme.

Car si la restauration du lac est accomplie, la vigilance écologique reste indispensable. Les enjeux se déplacent vers des pressions invisibles, diffuses et complexes : le changement climatique, les micropolluants, les microplastiques, les nouvelles dynamiques biologiques et les espèces invasives redessinent désormais les équilibres du lac.