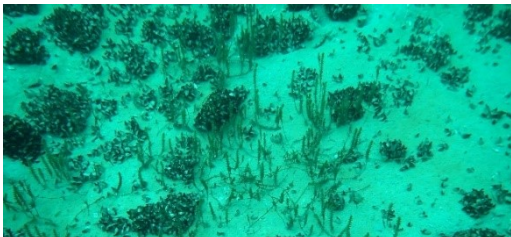
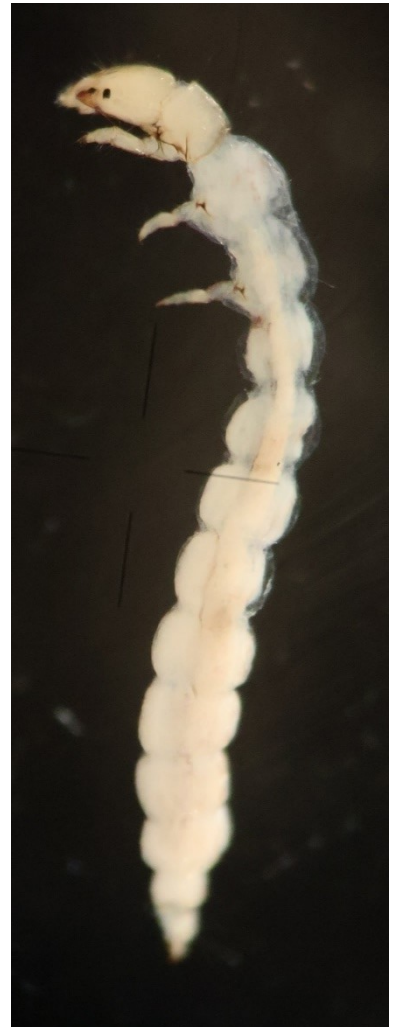
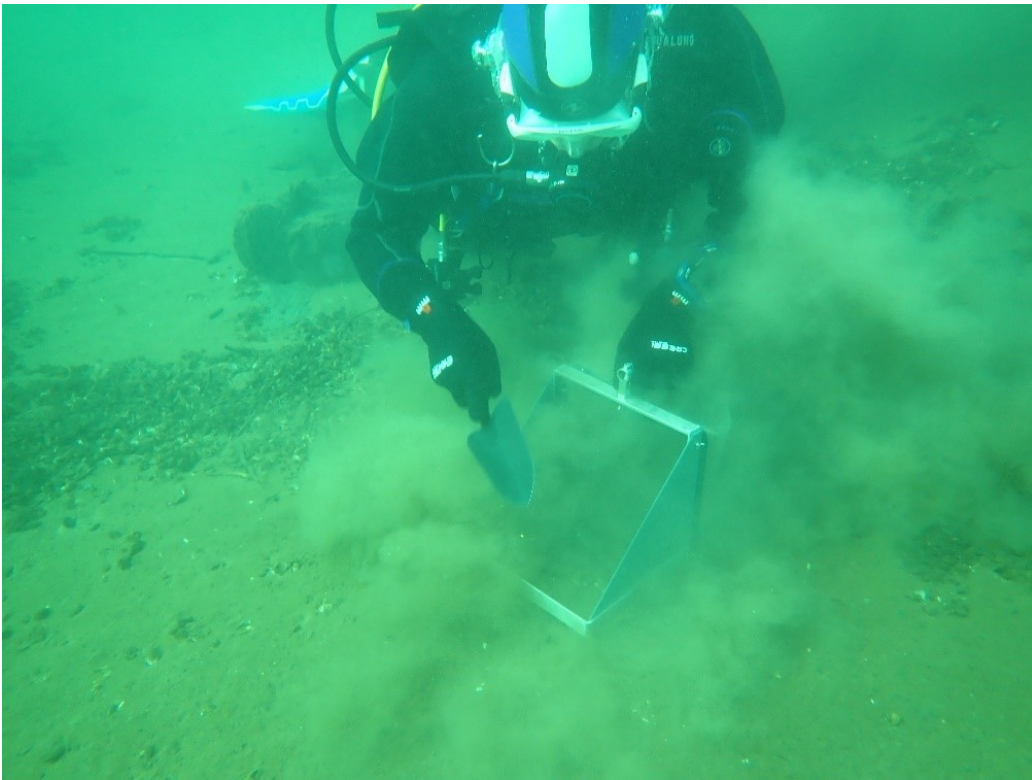


ÉTUDE DES MACROINVERTÉBRÉS BENTHIQUES DE LA ZONE LITTORALE GENEVOISE DU LÉMAN

OFFICE CANTONAL DE L'EAU
DÉPARTEMENT DU TERRITOIRE (DT)

CAMPAGNE 2024



Feuille de contrôle du document

Titre	Étude des macroinvertébrés benthiques de la zone littorale genevoise du Léman – Campagne 2024
Objet / sujet	Étude des macroinvertébrés benthiques de la zone littorale genevoise du Léman
Autrices / Auteurs	Diane Maitre
Collaborations	Pascal Mulattieri – Biol'Eau Pascal Stucki – Aquabug Laurent Vuataz – Naturéum de Lausanne
Service	Service de la surveillance et de la protection des eaux et milieux aquatiques
Date	28.01.2026
Nom du fichier	Rapport Macroinvertébrés Léman 2024-vdef.docx
Statut	<input type="checkbox"/> Provisoire <input checked="" type="checkbox"/> Final
Photo de couverture	Prélèvement station Versoix-Forel 15.02.2024 © Pascal Mulattieri <i>Paduniella vandeli</i> © Diane Maitre
Distribution	Public
Visa	Cécile Georget & Arielle Cordonier
Proposition bibliographique	SSPMA, 2026 : Étude des macroinvertébrés benthiques de la zone littorale genevoise du Léman – Campagne 2024. Genève, 38 pp.

Versions, Modifications

No	Chapitre	Version	Date
1		1.0	08.09.2025
2		2.0	18.11.2025
3		3.0	27.01.2026
4		4.0	28.01.2026

TABLE DES MATIÈRES

I.	RESUME	4
II.	INTRODUCTION.....	5
	1.CONTEXTE DE L'ÉTUDE	5
	2.PÉRIMÈTRE DE L'ÉTUDE.....	6
III.	METHODOLOGIE	7
IV.	RESULTATS DE LA CAMPAGNE 2024.....	11
	1.STATIONS ET SUBSTRATS	11
	2.COMMUNAUTÉ BENTHIQUE	12
	2.1.ESPÈCES MENACÉES	15
	2.2.ESPÈCES EXOTIQUES	16
	3.ABONDANCE DES TAXONS	18
	4.RÉSULTATS DÉTAILLÉS.....	19
	4.1.RÉSULTATS PAR PROFONDEUR	19
	4.2.RÉSULTATS PAR STATION.....	20
	4.3.RÉSULTATS PAR SAISON.....	21
	4.4.DENSITÉ	23
	5.ÉVOLUTION DES COMMUNAUTÉS BENTHIQUES	24
	5.1.DENSITÉ	24
	5.2.ÉVOLUTION DE LA RICHESSE TAXONOMIQUE	24
	5.3.COMPARAISON AVEC LES CAMPAGNES DE 2017, 2021 ET 2023	24
	5.3.1.RICHESSE TAXONOMIQUE	24
	5.3.2.ABONDANCE	25
	5.4.ÉVOLUTION DES ESPÈCES EXOTIQUES.....	26
	5.4.1.LES BIVALVES	27
	5.4.2.LES GASTÉROPODES.....	28
	5.4.3.LES CRUSTACÉS	28
	5.4.4.LES DÉCAPODES	28
	6.QUALITÉ ÉCOLOGIQUE	29
V.	CONCLUSION	30
	1.PERSPECTIVES	32
	1.1.AU NIVEAU GENEVOIS	32
	1.2.AU NIVEAU LÉMANIQUE	32
	1.3.COMPARAISON AVEC D'AUTRES LACS.....	33
VI.	BIBLIOGRAPHIE.....	34
VII.	ANNEXES	34

I. RESUME

Depuis 2023, un suivi annuel du macrozoobenthos de la zone littorale a été mis en place à l'échelle lémanique. La même méthode et la même période de prélèvement est effectuéé par les Cantons de Genève et Vaud et par la région de Thonon-Agglomération.

À Genève, les prélèvements effectués, sur deux stations, en février et août 2024, en plongée subaquatique, ont montré 48 taxons différents dont les mollusques sont les plus représentés avec 24 taxons. Parmi les mollusques, on notera la présence de deux espèces sur la Liste Rouge Suisse des mollusques : *Pisidium amnicum* classée « potentiellement menacées » et *Pisidium tenuilineatum* classée « vulnérable ». Cette dernière avait disparu du Léman durant des décennies et est réapparue en 2021.

De nouvelles espèces pour le Léman genevois ont également été observées. Trois nouvelles espèces de Trichoptères ont été capturées à Versoix-Forel : *Potamophylax cingulatus*, *Chaetopteryx cf. villosa* et *Limnephilini sp.* Une nouvelle espèce de gastéropode a également été recensée au Quai de Cologny : *Ferrissia sp.*

De manière générale, la zone la plus biogène du littorale est celle de 3-5m, tant en termes de nombre d'individus que de diversité. L'écomorphologie de la benne genevoise permet une pente douce favorisant la colonisation par les macrophytes et une diversité de substrats propices pour la faune macrozoobenthique. A l'inverse, les zones peu profondes, 0-1m, souffrent de l'artificialisation des rives qui limitent la colonisation par les macrophytes et la faune benthique.

Les espèces exotiques représentent peu de taxons mais qui dominent largement la biomasse, impactant potentiellement de manière importante la biodiversité macrozoobenthique.

II. INTRODUCTION

1. Contexte de l'étude

La zone littorale lacustre abrite des milieux biologiquement très riches et joue un rôle essentiel dans l'équilibre des écosystèmes lacustres. Ces milieux sont également parmi les plus sensibles, du fait de leur utilisation pour satisfaire les besoins humains (p.ex. tourisme, loisirs, zones bâties, installations).

Le Service de la Surveillance et de la Protection des Eaux et Milieux Aquatiques du canton de Genève (SSPMA) a réalisé une campagne en 2017 sur les communautés benthiques présentes dans 10 stations réparties dans la zone littorale genevoise du Léman. Cette étude, intitulée "Macroinvertébrés benthiques des rives genevoises du Léman – Investigations 2017" (Biol'Eau, 2018) avait pour objectifs de disposer d'un état de référence, permettant d'évaluer notamment l'impact de projets, de juger de l'état écologique du lac et de faire un point de situation quant aux espèces indigènes et exotiques présentes.

En 2021, le SSPMA a réalisé une étude comparative sur les mêmes stations, afin de disposer d'un état écologique récent du compartiment benthique riverain et de voir la progression des espèces exotiques, notamment la colonisation de la Moule Quagga (Biol'Eau, 2022). De plus, un objectif de cette étude était de permettre de sélectionner des stations à monitorer annuellement afin de suivre l'évolution de la colonisation des espèces exotiques lacustres sur le canton de Genève.

En 2023, la CIPEL, en collaboration avec les cantons de Vaud et de Genève ainsi que Thonon-Agglomération, a lancé un suivi annuel de la zone littorale lémanique. L'idée est d'avoir un suivi durant la période estivale dans ces 3 régions lémaniques et ainsi pouvoir détecter plus rapidement l'arrivée d'espèces exotiques potentiellement envahissantes. Deux stations ont été choisies par région : St-Prex et Rivaz pour le Canton de Vaud, Messery et Port-Ripaille pour Thonon-Agglomération et Versoix-Forel et Quai de Cologny pour le Canton de Genève. Le protocole a été unifié afin de permettre des prélèvements identiques et à la même période de l'année (mi-juin à mi-septembre). Un rapport annuel, mandaté par la CIPEL, sera effectué sur l'analyse globale de ces trois régions.

Le présent document constitue le rapport final des deux campagnes de 2024 effectuées par le Canton de Genève.

Le bureau Biol'Eau a été mandaté pour l'accompagnement sur le terrain ainsi que la validation des déterminations au laboratoire. Le bureau Aquabug a été mandaté pour la détermination à l'espèce des Trichoptères et des mollusques. Le muséum de Lausanne a effectué la détermination à l'espèce des Éphémères.

2. Périmètre de l'étude

Le périmètre est une sélection de deux stations parmi les dix qui ont été prospectées pour les études de 2017 et 2021 (Tableau 1 et Annexe A).

Ces deux stations ont été sélectionnées car représentatives des rives genevoises du Léman, placées sur les deux rives permettant une vision de l'arrivée potentielle des espèces exotiques sur le Canton de Genève par le lac et/ou par le Rhône et relativement accessibles afin de limiter les coûts d'échantillonnage.

Tableau 1 : Liste des stations étudiées en 2024.

N° de station	Nom de la station	Coordonnées	
2	Versoix – Forel	502'307	125'471
10	Quai de Cologny	502'854	119'674

III. METHODOLOGIE

Comme pour l'indice biologique en milieu courant (IBCH ou I2M2), l'évaluation proposée de la qualité du milieu lacustre est fondée sur l'analyse du peuplement de macroinvertébrés benthiques, inféodés au substrat. La méthode proposée tient compte de la grande hétérogénéité structurale du fond du lac, traduite par une grande variété de substrats, tels que fond sableux, galets, blocs, vase, plantes aquatiques et craie lacustre.

Comme les invertébrés benthiques présentent généralement une adaptation très spécifique et ne colonisent que les habitats dont les conditions leur sont favorables, la diversité des substrats influence fortement la composition en organismes des échantillons prélevés. Il est donc important de prélever méthodiquement dans différents substrats à forte capacité biogène. Les figures suivantes présentent schématiquement la répartition des substrats et l'emplacement proposé des différents prélèvements subaquatiques qui constituera un échantillon (Figure 1 & Figure 2).

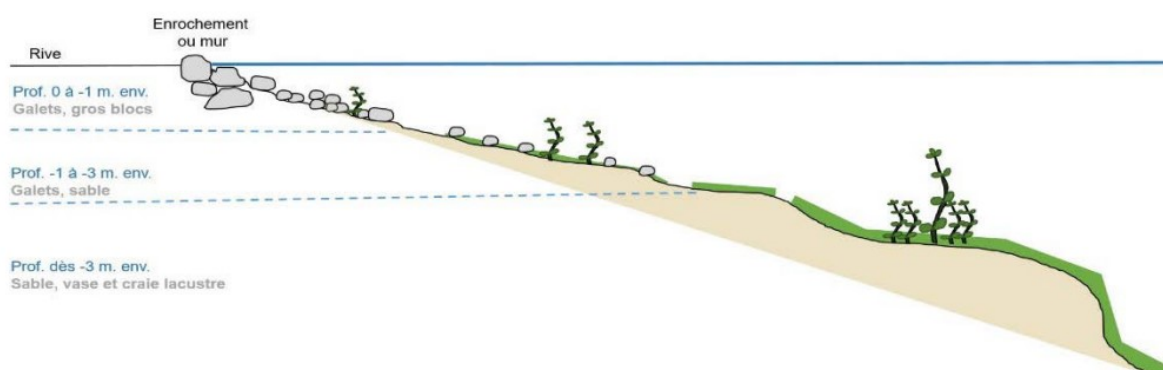


Figure 1 : Représentation grossière des substrats présents sur les rives genevoises du Léman.

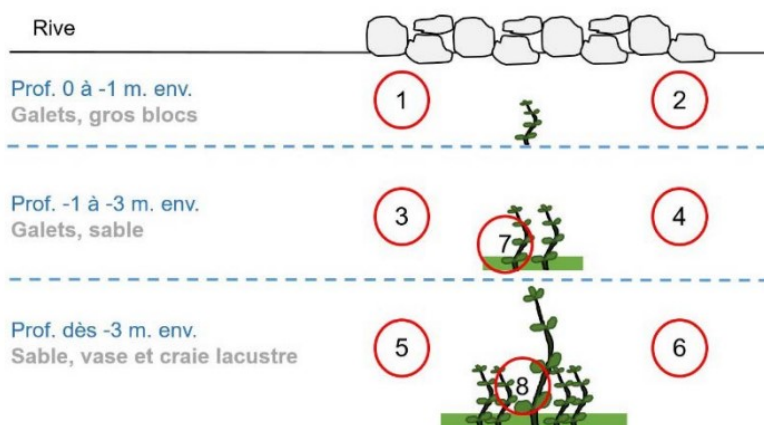


Figure 2 : Schéma du plan d'échantillonnage par station composé de 8 prélèvements.

S'agissant d'un suivi annuel comparatif avec les études menées en 2017, 2021 et 2023, les méthodes d'échantillonnage en plongée subaquatique et de détermination en laboratoire (niveaux taxonomiques) sont identiques :

Pour les prélèvements subaquatiques :

Les relevés faunistiques sont effectués à l'aide d'un filet Suber (de 25*25cm) modifié et d'une pelle (de 5*15cm), afin de prélever des sédiments en plongée avec

scaphandre autonome. Une fois le cadre du filet posé sur le fond, la pelle est agitée 5-6 fois en créant un courant qui entraîne dans le filet les macroinvertébrés présents à la surface ou dans les sédiments (voir les détails dans Mulattieri, 2006 & Biol'Eau, 2018).

Selon le schéma de la Figure 2, huit échantillons au total ont été prélevés dans le substrat par station :

- Deux entre 0 et -1 mètres, dans le secteur soumis au plus fortes contraintes mécaniques ;
- Deux entre -1 et -3 mètres ;
- Deux entre -3 et -5 mètres ;
- Deux dans les macrophytes (N°7 & 8).

Après chaque prélèvement d'une même profondeur réalisé, le filet est remonté à la surface. L'échantillon passe alors, sur la rive, par une phase de préparation et de conditionnement en vue de sa fixation à l'éthanol 80% dans un récipient à ramener pour un traitement au laboratoire :

- L'échantillon est versé dans un bac précédemment rempli de quelques centimètres d'eau claire et laissé quelques minutes au repos. Cette manière de procéder évite la fuite des organismes entre les différents coups de filet et permet à l'opérateur de contrôler la validité de ses différents prélèvements. Les poissons sont soustraits en premier de l'échantillon et remis à l'eau. Les éventuelles écrevisses retournent également à l'eau après avoir été déterminées à l'œil et notées sur le protocole de terrain ;
- Les 8 prélèvements sont ensuite tamisés à l'aide d'un tamis à maille de 500µm. Cette étape permet de séparer le matériel minéral (sable, gravier) du matériel organique par plusieurs décantations successives. Dès que le matériel minéral s'est majoritairement déposé, mais que la matière organique se trouve encore en suspension, on verse l'eau avec les organismes en suspension dans un tamis à maille de 500µm. Le procédé est répété jusqu'à ce qu'il ne reste pratiquement plus que du sable et des pierres dans le bac. Le contenu du tamis est alors versé dans le récipient de conservation.
- Après cette étape, on laisse reposer l'eau dans le bac encore une dernière fois pendant quelques minutes pour effectuer un contrôle final, retirer les Trichoptères à fourreau, décoller les invertébrés fixés dans le fond du bac (mollusques, turbellariés) et transvaser le tout dans le récipient de conservation. Ce n'est qu'après ce contrôle que le sable et les pierres sont rejetés dans le lac.
- Tous les récipients utilisés sont étiquetés immédiatement au moyen d'étiquettes normées préalablement préparées. Elles sont placées directement dans les seaux utilisés.

Lors des prélèvements subaquatiques, les plongeur-euses sont en plus équipées d'un appareil photographique leur permettant d'illustrer les différentes stations, les substrats et macrophytes prélevés.

Afin de compléter les données répertoriées par les plongeur-euses, le responsable de surface a relevé depuis la rive toutes autres informations importantes comme :

- Présence d'un tuyau suspect ;
- Présence de produit ou d'odeur suspecte ;

- Autres signes de rejet ou d'atteinte anthropique.

La campagne hivernale s'est déroulée le 15 février 2024 par une journée ensoleillée, sans vent avec une belle visibilité et peu de courant.

La campagne estivale, en revanche, s'est déroulée le 19 août 2024 par une journée ensoleillée mais avec une forte bise qui a remué les fonds. La visibilité au Quai de Cognoy était mauvaise et à Versoix-Forel, nulle, les prélèvements ont été effectués sans voir les substrats choisis. Le courant était également très fort.

Au laboratoire :

Chacun des échantillons est trié d'une manière exhaustive avec une loupe binoculaire. La faune est identifiée jusqu'à la famille (ou éventuellement au genre/espèce selon le niveau taxonomique présenté au tableau 2) à l'aide des clés de détermination de H. Tachet (2010).

Tableau 2 : Liste des 13 groupes taxonomiques identifiés avec leur niveau de détermination

Groupe taxonomique	Niveau de détermination
Cnidaria	Genre
Bivalvia	Espèce
Coleoptera	Famille / Genre
Crustaceae – Amphipoda	Genre / Espèce
Crustaceae – Isopoda	Genre / Espèce
Diptera	Famille
Ephemeroptera	Genre / Espèce
Hirudinea	Genre / Espèce
Gastropoda	Genre / Espèce
Lepidoptera	Genre / Espèce
Oligochaeta	Classe
Plathelminthes	Genre
Trichoptera	Famille / Genre / Espèce

Une détermination à l'espèce du matériel "Liste Rouge", récolté lors des échantillonnages, a été réalisé pour :

- Les Trichoptères et les mollusques par P. Stucki (Aquabug)
- Les Éphémères par L. Vuataz (Naturéum de Lausanne)

L'objectif de ces travaux en laboratoire consiste à obtenir :

- Une liste faunistique complète comparable aux campagnes de 2017, 2021 et 2023 ;
- Une valeur d'abondance pour chaque taxon déterminé.

Calcul de la densité au m² :

Cette valeur d'abondance correspond à :

$\text{Densité moyenne du macrozoobenthos au m}^2 = \frac{\text{Nombre total d'individu}}{6 \text{ échantillons}} / 0.0625$

La valeur de 0.0625 correspond à la surface prélevée par échantillon soit : 0.25 cm x 0.25 cm.

Le calcul ne tient pas compte de la surface du filet Surber des deux échantillons de macrophytes, puisque seules quelques plantes ont été prélevées (d'où la division par 6 échantillons et non par 8).

IV. RESULTATS DE LA CAMPAGNE 2024

1. Stations et substrats

L'emplacement des deux stations est détaillé au chapitre 2 et figure sur la carte en annexe A.

La station de Versoix-Forel est caractérisée par une rive artificielle composée d'un muret suivi, côté lac, d'une grève en pente douce (Figures 3 & 4).

La station Quai de Cologny est constituée en partie d'anciennes carrières de molasse sous-lacustres (sables indurés). En 2020, dans le cadre des aménagements du Quai de Cologny, une roselière a été plantée. Une digue formée de gros blocs de pierre a été placée afin de protéger cette roselière. Une fois la digue passée, la pente est douce.

L'hétérogénéité des substrats rencontrés sur les différentes stations est importante : présence de galets, graviers, sables, algues, macrophytes, avec une dominance des substrats minéraux grossiers (>25mm) en grande majorité dans les profondeurs entre 0 et -3 mètre (Tableaux 3 et b et Figure 3).

Des macrophytes sont présents en 2024 sur les deux stations et lors des deux campagnes, bien qu'ils soient plus développés en été.

Tableau 3a : Liste des substrats et macrophytes prélevés par station, campagne hivernale.

N° de station	Nom de la station	Substrats et macrophytes prélevés		
		0 à -1m	-1 à -3m	-3 à -5m
2	Versoix – Forel	Sable (<2.5mm)	Vase	Sable (<2.5mm)
			Myriophylle en épis	
10	Quai de Cologny	Gros blocs	Galets (>25mm) Sable (<2.5mm)	Sable (<2.5mm)
			Myriophylle en épis	Élodées

Tableau 3b : Liste des substrats et macrophytes prélevés par station, campagne estivale. La visibilité est extrêmement mauvaise, rendant la définition des substrats prélevés impossible.

N° de station	Nom de la station	Substrats et macrophytes prélevés		
		0 à -1m	-1 à -3m	-3 à -5m
2	Versoix – Forel	-	-	-
			Potamots perfolié et characées	
10	Quai de Cologny	-	-	-
			Myriophylle en épis et nombreuses algues filamenteuses	Potamot luisant et nombreuses algues filamenteuses



Sable, petits blocs, moules et élodées
Station Quai de Cologny, 15.02.2024



Gros blocs et algues filamenteuses
Station Quai de Cologny, 15.02.2024



Sable, moules et déchets organiques
Station Versoix-Forel, 15.02.2024



Sable, macrophytes et algues filamenteuses
Station Quai de Cologny, 19.08.2024

Figure 3 : Photographies de différents types de substrats prélevés.

2. Communauté benthique

Les relevés des deux campagnes de 2024 sur les deux stations riveraines ont permis de recenser au **total 48 taxons** dont 32 ont été déterminés à l'espèce (Tableau 4). Les résultats par station et par campagne sont présentés en annexe B et dans le chapitre VII.

Tableau 4 : Liste taxonomique complète des relevés 2024 (n.d. "non déterminé" ¹).

Groupe faunistique	Famille / sous-famille	Genre / Espèce
Hirudinea	Glossiphoniidae	<i>Helobdella stagnalis</i>
	Erpobdellidae	n.d. ¹
Oligochaeta		n.d. ¹
Hydridae		n.d. ¹
Gastropoda	Ancylidae	<i>Ancylus fluviatilis</i>
	Ferrissiidae	<i>Ferrissia sp.</i>
	Bithyniidae	<i>Bithynia tentaculata</i>
	Hydrobiidae	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>
	Lymnaeidae	<i>Radix auricularia</i>
		<i>Radix balthica</i>
	Physidae	<i>Physella acuta</i>
	Planorbidae	<i>Planorbis sp.</i>
		<i>Gyraulus albus</i>
		<i>Gyraulus sp.</i>
	Valvatidae	<i>Valvata piscinalis</i>
Viviparidae	<i>Viviparus ater</i>	
Bivalvia	Corbiculidae	<i>Corbicula sp.</i>
	Dreissenidae	<i>Dreissena polymorpha</i>
		<i>Dreissena rostriformis bugensis</i>
	Sphaeriidae	<i>Pisidium sp. juv.</i>
		<i>Pisidium amnicum</i>
		<i>Pisidium casertanum</i>
		<i>Pisidium henslowanum</i>
		<i>Pisidium hibernicum</i>
		<i>Pisidium nitidum</i>
		<i>Pisidium personatum</i>
		<i>Pisidium subtruncatum</i>
<i>Pisidium tenuilineatum</i>		
Arachnida	Hydracarina	n.d. ¹
Amphipoda	Corophiidae	<i>Chelicorophium curvispinum</i>
	Gammaridae	<i>Dikerogammarus villosus</i>
<i>Gammaridea sp.</i>		
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis rhodani</i>
		<i>Cloeon dipterum</i>
	Caenidae	<i>Caenis macrura</i>
		<i>Caenis luctuosa</i>
		<i>Caenis sp. (juv.)</i>
Ephemeridae	<i>Ephemera sp. (juv.)</i>	
Trichoptera	Hydroptilidae	<i>Agraylea sexmaculata</i>
	Lepticeridae	<i>Oecetis ochracea</i>
	Limnephilidae	<i>Potamophylax cingulatus</i>
		<i>Chaetopteryx cf. villosa</i>
		<i>Limnephilini sp.</i>
Psychomyiidae	<i>Paduniella vandeli</i>	
Diptera	Chironomidae	n.d. ¹
	Simuliidae	n.d. ¹
Lepidoptera	Crambidae	<i>Acentria ephemerella</i>
Coleoptera	Elmidae	<i>Limnius sp.</i>

Le groupe taxonomique le plus représenté, en nombre de taxons, est les mollusques avec un total de 24 taxons identifiés au genre (voire à l'espèce) dont 12 taxons pour

les gastéropodes (Gastropoda) et 12 pour les bivalves (Bivalvia) (Figure 4). Le deuxième est représenté par les larves d'insectes et notamment les Éphémères avec 6 taxons et les Trichoptères avec également 6 taxons.

Au niveau du nombre d'individus, ce sont également les mollusques qui sont les plus représentés avec 58.3% de tous les individus prélevés, 33.9% les gastéropodes et 24.3% les bivalves. Suivent les Diptères avec 18.2% de l'abondance totale, notamment avec les Chironomes très présents à Coligny durant la campagne estivale. La richesse spécifique des Diptères est vraisemblablement sous-estimée, en raison de détermination n'atteignant pas le niveau taxonomique de l'espèce (Figure 5) :

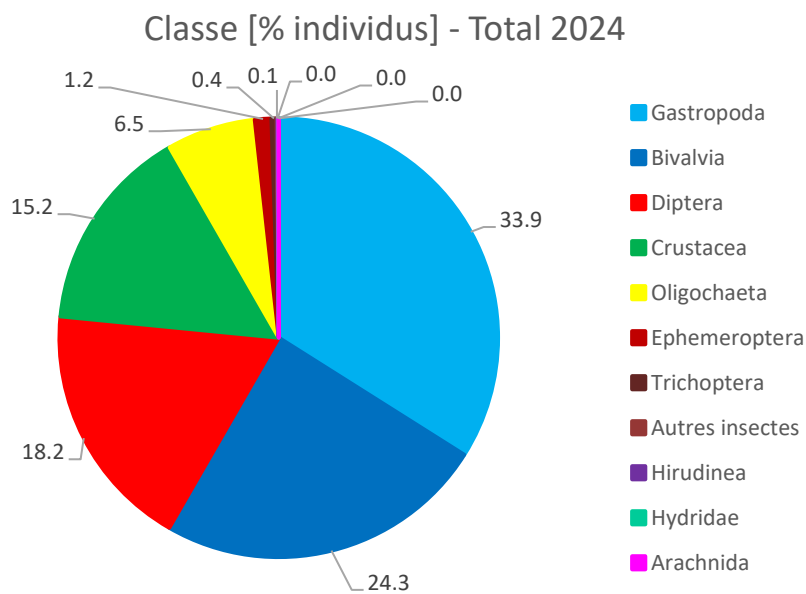


Figure 4 : Représentation du nombre d'individus, en pourcentage, des différents taxons, pour les deux stations et les deux campagnes de prélèvements de 2024.

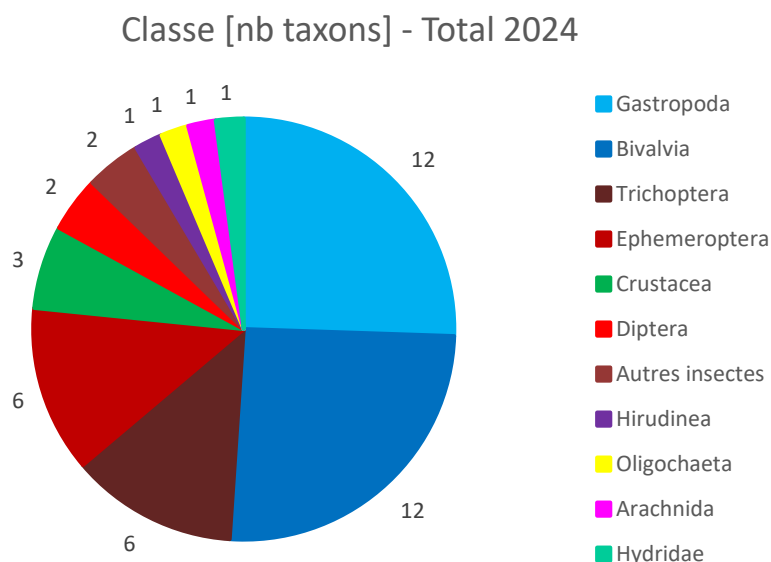


Figure 5 : Représentation du nombre de taxons, pour les deux stations et les deux campagnes de prélèvements de 2024.

2.1. Espèces menacées

Le degré de menace, établi par des expert-es, pesant sur les espèces indigènes suisses, figure dans des listes rouges. Seules deux listes rouges intégrant des groupes de macroinvertébrés aquatiques sont disponibles au niveau Suisse :

- La liste rouge mollusques : gastéropodes et bivalves (OFEV, 2012) ;
- Listes rouges Éphémères, Plécoptères et Trichoptères (OFEV, 2012) ;

Parmi les espèces recensées en 2024, il ressort au regard des listes rouges que (Tableau 5) :

- Une espèce de bivalve, *Pisidium tenuilineatum*, est considérée au niveau Suisse comme "vulnérable" (VU). Cette espèce était réapparue dans le Léman lors de la campagne 2021 après des décennies d'absence et sa présence a été confirmée lors des campagnes de 2023 et 2024 ;
- Une espèce de bivalve, *Pisidium amnicum*, est considérée comme "Potentiellement menacée", (NT) ;
- Toutes les autres espèces sont "non menacées" (statut LC).

A l'exception de ces deux espèces, la plupart des taxons recensés dans les rives du Léman, dans le cadre de ce suivi 2024, sont relativement communs dans les eaux suisses.

Tableau 5 : Liste taxonomiques des espèces "Liste Rouge". Statuts : LC – Non menacé ; NT – Potentiellement menacé ; VU – Vulnérable parmi la liste taxonomique complète des relevés des deux campagnes 2024.

Groupe faunistique	Famille	Genre / Espèce	Statut de la Liste Rouge
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis rhodani</i>	LC
		<i>Cloeon dipterum</i>	LC
	Caenidae	<i>Caenis macrura</i>	LC
		<i>Caenis luctuosa</i>	LC
Trichoptera	Hydroptilidae	<i>Agraylea sexmaculata</i>	LC
	Leptoceridae	<i>Oecetis ochracea</i>	LC
	Limnephilidae	<i>Potamophylax cingulatus</i>	LC
		<i>Chaetopteryx cf. villosa</i>	LC
Gastropoda	Ancylidae	<i>Ancylus fluviatilis</i>	LC
	Bithyniidae	<i>Bithynia tentaculata</i>	LC
	Lymneidae	<i>Radix balthica</i>	LC
		<i>Radix auricularia</i>	LC
	Planorbidae	<i>Gyraulus albus</i>	LC
	Valvatidae	<i>Valvata piscinalis</i>	LC
Viviparidae	<i>Viviparus ater</i>	LC	
Bivalvia	Sphaeriidae	<i>Pisidium amnicum</i>	NT
		<i>Pisidium casertanum</i>	LC
		<i>Pisidium henslowanum</i>	LC
		<i>Pisidium hibernicum</i>	LC
		<i>Pisidium nitidum</i>	LC
		<i>Pisidium personatum</i>	LC
		<i>Pisidium subtruncatum</i>	LC
		<i>Pisidium tenuilineatum</i>	VU

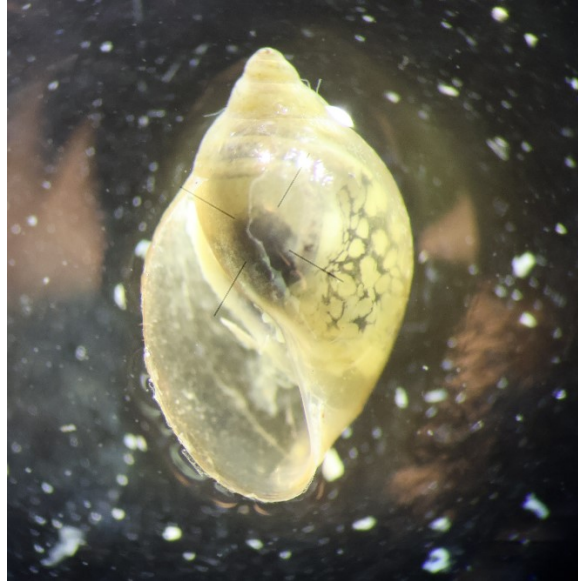
2.2. Espèces exotiques

Les relevés 2024 établissent la présence des espèces exotiques potentiellement envahissantes de macroinvertébrés benthiques suivantes (cf. Tableau 4) :

- Les gastéropodes, *Potamopyrgus antipodarum* et *Physella acuta* ;
- Les bivalves, *Dreissena polymorpha*, *Dreissena rostriformis bugensis* et *Corbicula fluminea* ;
- Les crustacés, *Dikerogammarus villosus* et *Chelicorophium curvispinum* ;
- Le Trichoptère, *Paduniella vandeli*.



Gastéropode *Potamopyrgus antipodarum*



Gastéropode *Physella acuta*



Bivalve *Dreissena polymorpha*



Bivalve *Dreissena rostriformis bugensis*



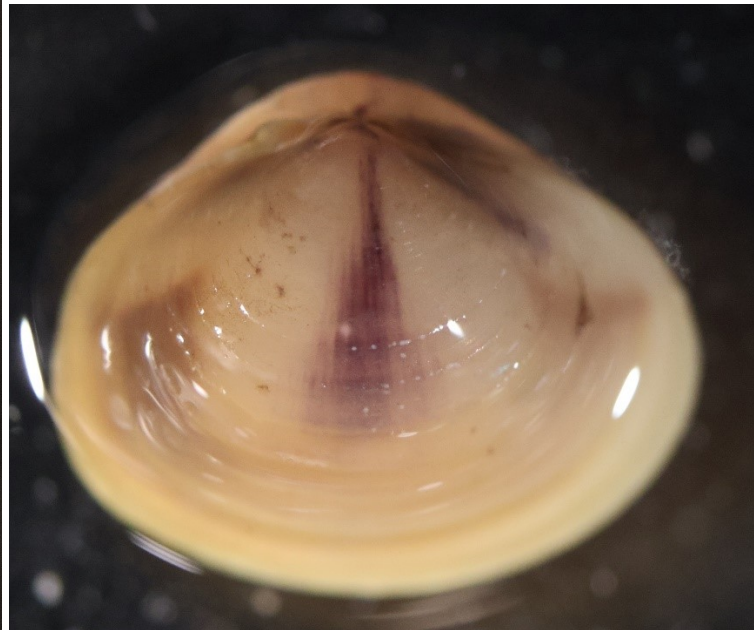
Crustacé *Dikerogammarus villosus*



Crustacé *Chelicorophium curvispinum*



Trichoptère *Paduniella vandeli*



Bivalve *Corbicula fluminea*

Figure 6 : Les espèces exotiques présentes dans la Léman lors des deux campagnes de 2024.

Toutes ces espèces exotiques ont déjà été observées dans d'autres études du Léman genevois (notamment Biol'Eau 2022).

Enfin, le macroinvertébré exotique de type pélagique, *Hemimysis anomala* a été capturé lors de la campagne estivale de 2024 sur les deux stations. S'agissant d'une espèce pélagique, il n'est pas pris en compte dans les résultats de cette étude.



Figure 7 : L'espèce exotique envahissante de type pélagique présente dans le Léman lors de la campagne estivale de 2024 : *Hemimysis anomala*

3. Abondance des taxons

Sur les deux stations suivies lors des deux campagnes en 2024, 10'666 individus ont été recensés (Figure 9).

Les espèces exotiques dominent en termes d'abondance (93% des individus recensés) mais pas en termes de nombre de taxons (33% des taxons) (Figure 8). Ce qui signifie que peu d'espèces exotiques (8 espèces) ont un développement important qui leur font dominer la biomasse.

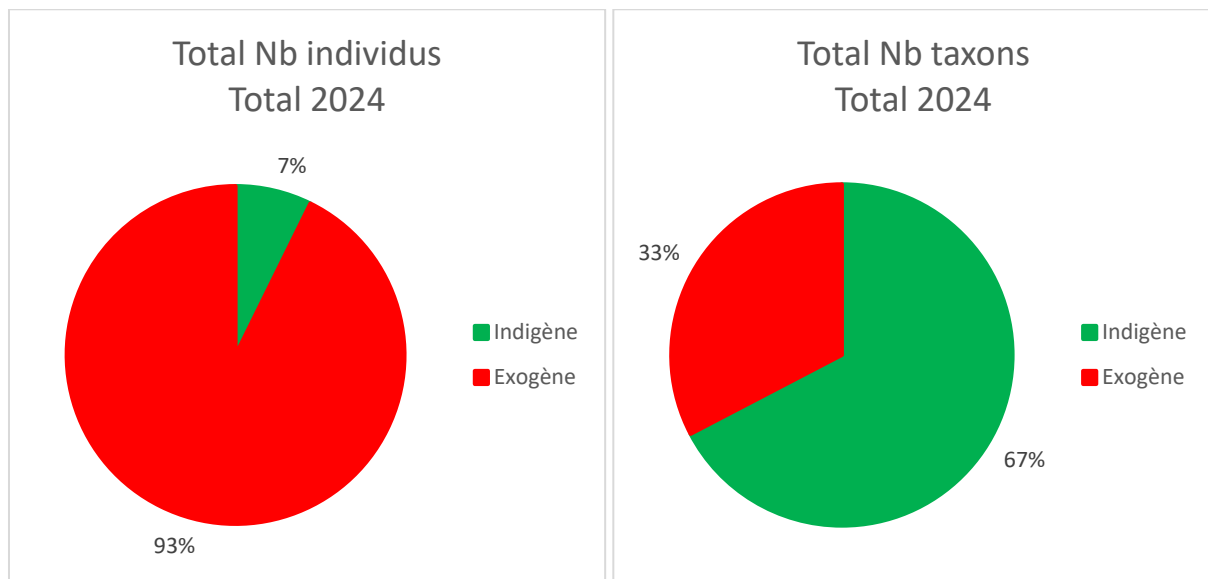


Figure 8 : Pourcentage d'individus d'espèces exotiques en comparaison aux espèces indigènes et pourcentage de taxons exotiques en comparaison aux taxons indigènes.

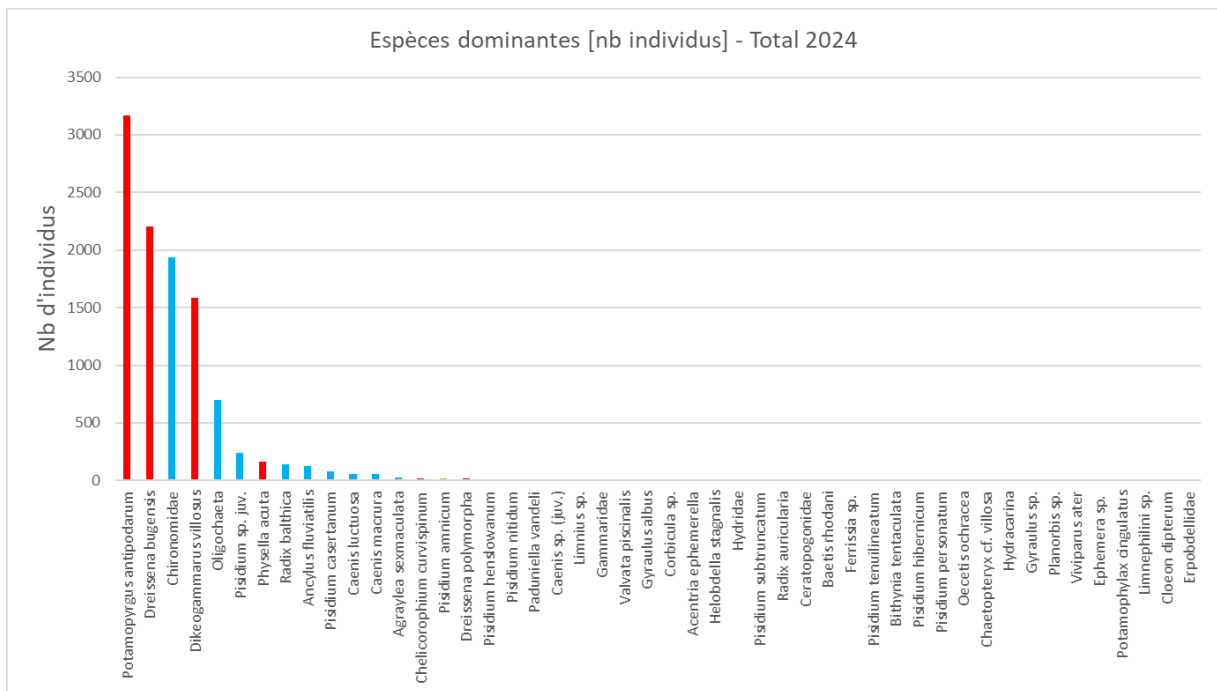


Figure 9 : Nombre d'individus total par taxon. En rouge sont les taxons exogènes, en bleu les taxons indigènes ou non déterminés à l'espèce.

4 taxons présentent plus de 600 individus comptés, représentant 83.5 % de la biomasse :

- 29.7 % de l'abondance totale est représentée par l'espèce de gastéropode exotique *Potamopyrgus antipodarum* avec 3'170 individus recensés ;
- 20.7 % de l'abondance totale est représentée par le bivalve exotique de la Moule Quagga (*Dreissena rostriformis bugensis*) avec 2'203 individus recensés ;
- 18.2 % de l'abondance totale est représentée par les larves d'insectes Chironomes avec 1'939 individus recensés, déterminés uniquement jusqu'au genre ;
- 14.9 % de l'abondance totale est représentée par le crustacé exotique *Dikerogammarus villosus* avec 1'588 individus recensés ;

Les oligochètes (697 individus, soit 6.5 % de l'abondance totale) sont aussi très bien représentés en termes d'abondance bien que leur comptage ne soit pas toujours évident car ces individus sont fragiles et se cassent facilement sur le tamis.

4. Résultats détaillés

4.1. Résultats par profondeur

La diversité inventoriée en 2024 varie entre les deux stations et il apparaît un gradient de profondeur (Figure 10).

En effet, les prélèvements ont été effectués à trois strates de profondeur différentes. La profondeur de 0-1m est la plus pauvre en termes de nombre de taxons. Cette diversité augmente avec la profondeur (Figure 10).

Concernant la biomasse, elle est à peu près égale entre 0-1m et 1-3m mais elle augmente à 3-5m (Figure 10).

À noter que 5 taxons sont présents à toutes les profondeurs, aux deux stations, et durant les deux campagnes, dont 3 espèces exotiques envahissantes :

- Oligochètes
- *Potamopyrgus antipodarum* (NE)
- *Dreissena rostriformis bugensis* (NE)
- *Dikerogammarus villosus* (NE)
- Chironomes

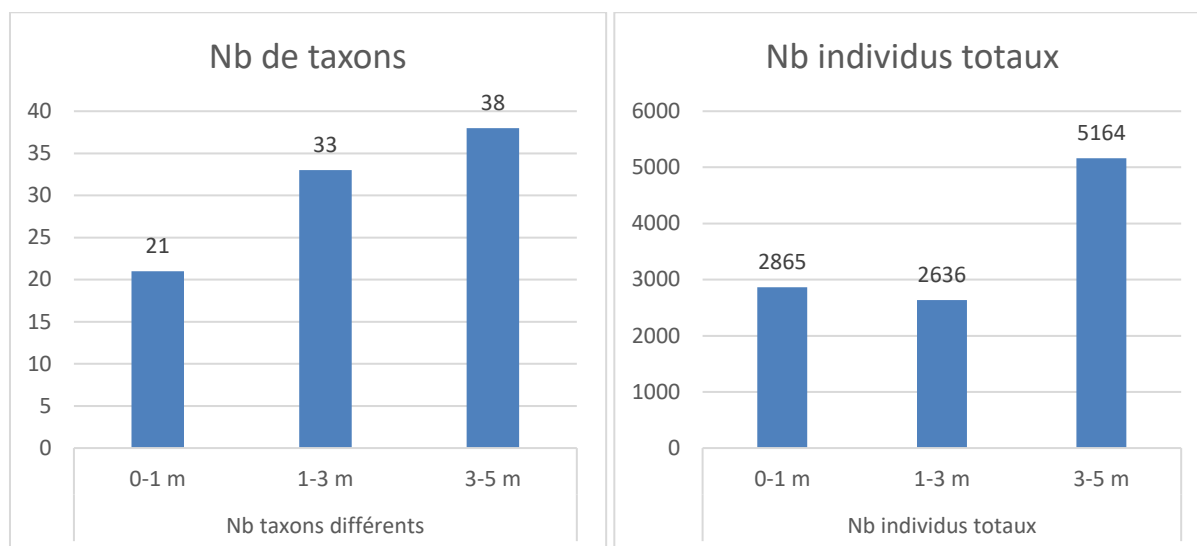


Figure 10 : Comparaison aux trois différentes profondeurs, pour les deux campagnes de 2024 combinées. À noter que seuls 2 prélèvements sont effectués dans la zone 0-1 m alors que 3 sont effectués en 1-3m et 3-5m avec un prélèvement dans les macrophytes. À gauche en nombre de taxons et à droite le nombre d'individus.

4.2. Résultats par station

L'abondance est plus importante à Versoix-Forel (5'876 individus) en comparaison avec Quai de Cologny (4'789 individus) (Figure 11). Le nombre de taxons est également légèrement plus élevé pour Versoix-Forel (39 taxons pour Versoix-Forel et 33 pour Quai de Cologny), 25 taxons sont retrouvés dans les deux stations et les autres varient (Figure 11).

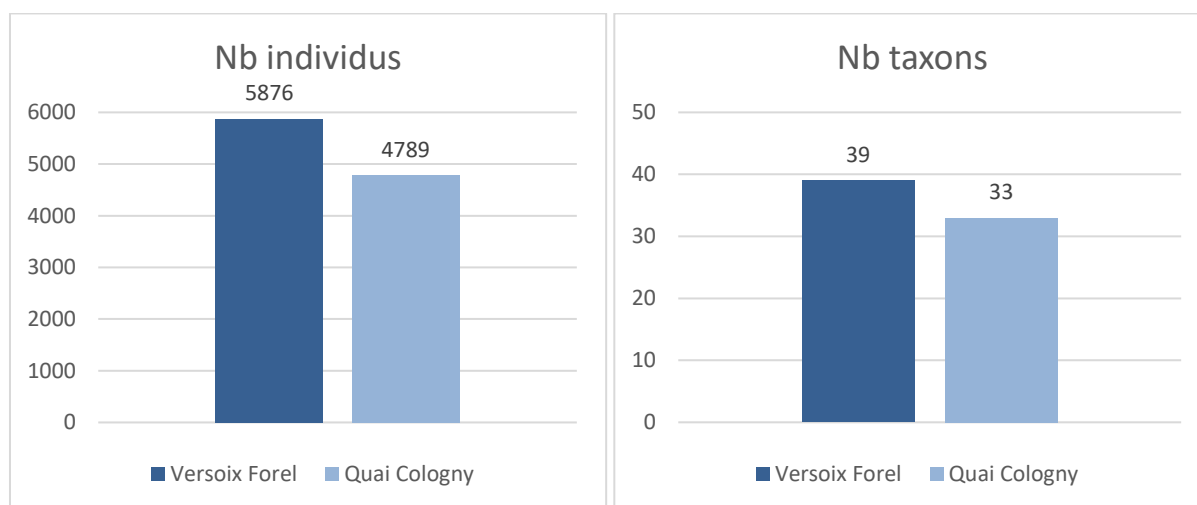


Figure 11 : Comparaison entre les deux stations, les deux campagnes combinées. À gauche en nombre d'individus et à droite en nombre de taxons.

15 taxons ont été observés uniquement à Versoix-Forel :

- *Helobdella stagnalis*
- *Erpobdellidae sp.*
- *Pisidium henslowanum*
- *Pisidium hibernicum*
- *Pisidium personatum*
- *Pisidium subtruncatum*
- *Pisidium tenuilineatum*
- *Baetis rhodani*
- *Ephemera sp.*
- *Oecetis ochracea*
- *Potamophylax cingulatus*
- *Chaetopteryx cf. villosa*
- *Limnephilini sp.*
- Ceratopogonidae
- *Limnius sp.*

8 taxons ont été inventoriés uniquement à Quai de Cologny :

- *Ferrissia sp.*
- *Bithynia tentaculata*
- *Gyraulus sp.*
- *Viviparus ater*
- Hydracarina
- *Cloeon dipterum*
- *Paduniella vandeli*
- *Agraylea sexmaculata*

La station de Versoix présente 8 espèces de bivalves du genre *Pisidium* dont l'espèce classée « potentiellement menacée » sur la Liste Rouge des mollusques Suisse : *Pisidium amnicum* et l'espèce classée « vulnérable » *Pisidium tenuilineatum* qui est réapparue dans le Léman en 2021 après des décennies d'absence.

Elle présente aussi 5 des 6 taxons d'Éphémères et 4 des 6 taxons de Trichoptères dont 3 taxons nouveaux pour le Léman genevois : *Potamophylax cingulatus*, *Chaetopteryx cf. villosa* et *Limnephilini sp.* C'est également la seule station où l'on observe le seul taxon de Coléoptères, *Limnius sp.*

La station de Quai de Cologny présente les 12 taxons de gastéropodes dont le nouveau gastéropode pour le Léman genevois, *Ferrissia sp.* On observe également 4 des 6 taxons d'Éphémères et 2 des 6 taxons de Trichoptère, dont la nouvelle espèce exotique dans le Léman depuis 2023, *Paduniella vandeli*.

4.3. Résultats par saison

En 2024, pour la première fois, il a été décidé de mettre en place 2 campagnes annuelles, l'une en hiver et l'autre en été, afin d'optimiser la capture des différents taxons.

Si l'on compare le nombre de taxons prélevés, on observe effectivement une différence saisonnière : l'hiver est plus propice à la capture des bivalves. On dénombre 12 taxons de bivalves prélevés en hiver (Figure 12), contre 6 en été, notamment le genre

Pisidium qui comprend 8 espèces, dont deux classées sur le Liste Rouge suisse des mollusques. Toutefois, les conditions météorologiques des prélèvements effectués en été étaient extrêmement mauvaises avec une visibilité nulle et un milieu très brassé. Il est possible que ces petits mollusques aient été emportés par les conditions et n'aient ainsi pas été prélevés.

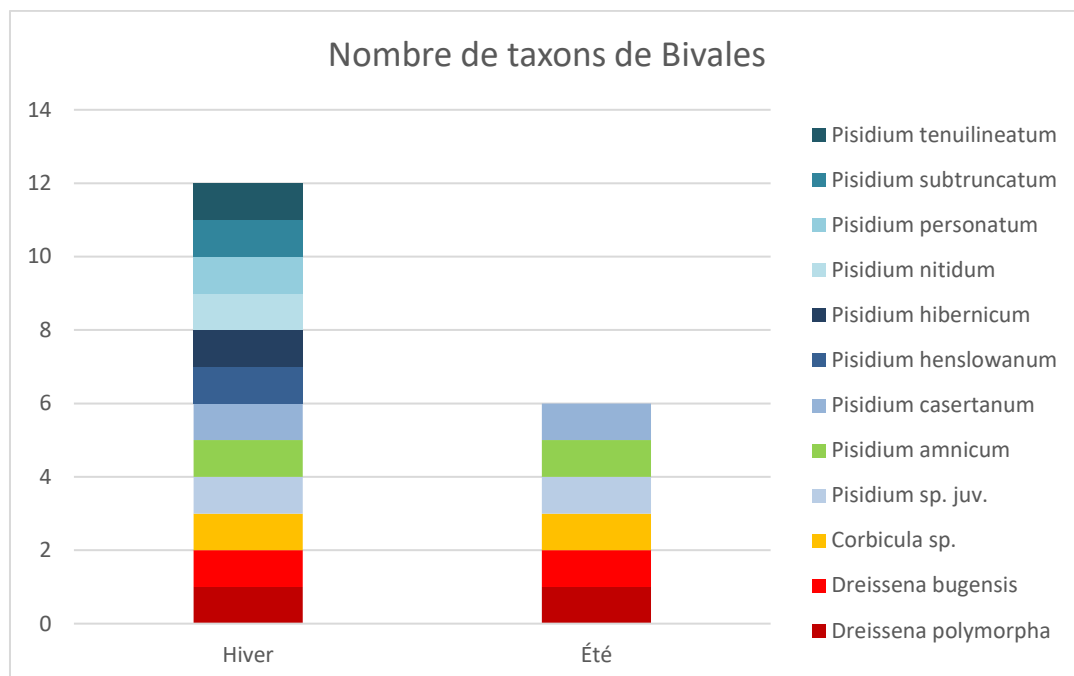


Figure 12 : Comparaison du nombre de taxons de bivalves prélevés lors de la campagne d'hiver et d'été. En dégradé de rouge les taxons exotiques, en vert l'espèce classée « Potentiellement menacée » sur la Liste Rouge des mollusques suisse.

En augmentant le nombre de campagne, on augmente également la chance de capturer les espèces sensibles, moins présentes, telles que les larves d'insectes. Le Tableau 6 résume les différents taxons des Éphémères et Trichoptères trouvés lors des différentes campagnes.

Tableau 6 : Comparaison du nombre de taxons d'Éphémères et de Trichoptères prélevés lors de la campagne d'hiver et d'été 2024.

Classe	Famille	Hiver	Été
Éphémères	Caenidae	<i>Caenis macrura</i>	<i>Caenis macrura</i>
		<i>Caenis luctuosa</i>	<i>Caenis luctuosa</i>
	Ephemeridae	<i>Ephemera sp.</i>	
	Baetidae		<i>Baetis rhodani</i> <i>Cloeon dipterum</i>
Trichoptères	Psychomyiidae	<i>Paduniella vandeli</i>	<i>Paduniella vandeli</i>
	Leptocetidae	<i>Oecetis ochracea</i>	
	Limnephilidae	<i>Potamophylax cingulatus</i>	
		<i>Chaetopteryx cf. villosa</i>	
		<i>Limnephilini sp.</i>	
	Hydroptilidae		<i>Agraylea sexmaculata</i>

4.4. Densité

Afin de comparer les abondances des individus par station, une valeur de densité au m² a été calculée (voir chapitre 3).

La densité moyenne est plus importante à Versoix-Forel (15'669 individus / m²) qu'au Quai de Cologny (12'771 individus / m²) (Figure 13).

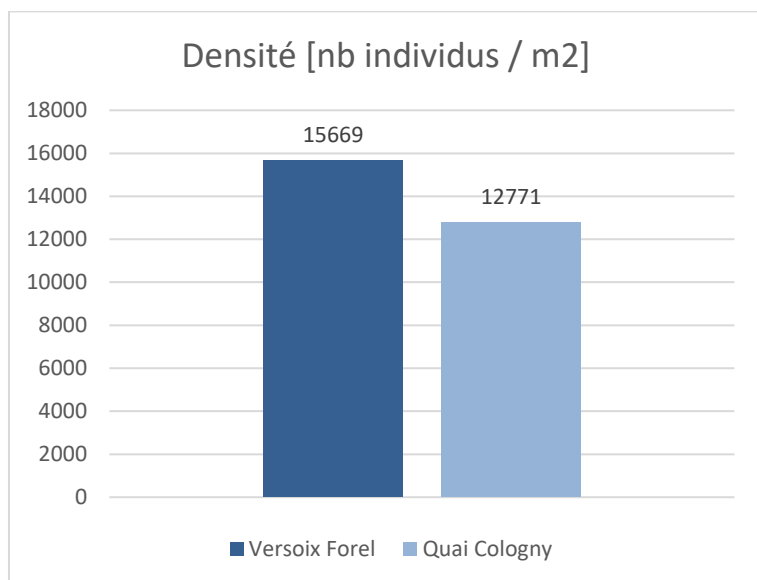


Figure 13 : Comparaison de la densité au m² entre les deux stations.

Comme indiqué dans l'étude de 2022, Versoix-Forel possède une grande richesse spécifique et une abondance relative élevée. Ce résultat est peut-être à mettre en relation avec le réaménagement de l'embouchure (travaux entrepris depuis 2010) et l'influence directe de la Versoix sur la qualité des eaux et des substrats (apports d'eau fraîche et oxygénée ainsi que des matériaux solides). La présence sur cette station de *Pisidium tenuilineatum* est potentiellement liée à la Versoix et ses apports puisque son habitat se caractérise généralement par des rivières et littoral pauvres en phosphates (OFEV, 2012). Certaines espèces peuvent également dévaler ou coloniser le lac à partir de la Versoix. C'est le cas notamment des deux espèces de Trichoptères trouvées pour la première fois dans le Léman genevois : *Chaetopteryx cf. villosa* et *Potamophylax cingulatus*, toutes deux présentes dans la Versoix lors du suivi de 2021 et ayant été prélevé dans le cadre de cette étude à Versoix-Forel.

La station de Quai de Cologny a bénéficié de travaux de renaturation des berges avec la création d'une roselière en 2020. L'impact des travaux peut être observé avec la baisse du nombre d'individus en 2021 et la réaugmentation, à la fois du nombre d'individus et du nombre de taxons depuis.

5. Évolution des communautés benthiques

5.1. Densité

Le présent chapitre compare les données 2024 avec les résultats des campagnes de 2017, 2021 et 2023 sur les deux stations relevées. L'objectif est de mettre en évidence l'évolution des communautés benthiques en rapport notamment avec l'amélioration de la qualité physico-chimique des eaux de ces dernières années (CIPEL, 2023 ; Biol'Eau 2018 ; Biol'Eau 2022 ; SECOE, 2016), avec les différents réaménagements riverains ou avec la forte progression de la Moule Quagga qui a été détectée dans le Léman dès 2015 (<https://www.cipel.org/moulequagga-2021/>, Biol'Eau, 2018 et Biol'Eau, 2022).

Les réaménagements suivants, pouvant potentiellement influencer l'évolution des populations, ont été réalisés récemment :

- Embouchure et revitalisation de la Versoix (depuis 2006) ;
- Aménagement d'une roselière au Quai de Cologny (2020).

5.2. Évolution de la richesse taxonomique

Le but est de comparer la richesse taxonomique et son évolution temporelle avec les données mesurées lors des campagnes de 2017, 2021 et 2023 aux mêmes stations de Versoix-Forel et Quai de Cologny (Biol'Eau 2018 et Biol'Eau 2022). L'annexe B.3 présente une liste faunistique, pour ces quatre études, sur ces deux stations. À noter que pour 2024, seule la campagne estivale a été prise en compte afin de pouvoir comparer les stations aux mêmes périodes de prélèvement.

Parmi les 65 taxons observés lors de ces quatre études (tous niveaux taxonomiques confondus), 48 ont été recensés en 2024 soit près de 74%. À noter qu'en 2024, 3 nouveaux taxons de Trichoptères ont été recensés dans le Léman genevois, par rapport à l'historique de données : *Potamophylax cingulatus*, *Chaetopteryx cf. villosa*, et *Limnephilini sp.* tous les trois à Versoix-Forel. On recense également un nouveau gastéropode pour le Léman genevois : *Ferrissia sp.* au Quai de Cologny.

Par ailleurs, quatre nouveaux taxons observés lors de la campagne de 2023 ont été confirmé en 2024 : l'Éphémère *Baetis rhodani*, les deux Trichoptères *Paduniella vandeli*, *Odontocerum albicorne* et les Diptères Simuliidae.

5.3. Comparaison avec les campagnes de 2017, 2021 et 2023

5.3.1. Richesse taxonomique

Pour la station Versoix-Forel, la richesse taxonomique en 2024 est de 28 taxons, dans le rang de 25 à 31 taxons observés lors des différentes campagnes, ce qui indique une certaine stabilité de la richesse. La proportion d'espèces exotiques est également stable avec 5 espèces lors de chacune des campagnes (Figure 14). La diversité des espèces indigènes chute de 19 espèces en 2023 à 10 espèces en 2024, notamment au niveau des mollusques avec 2 espèces de gastéropodes et 7 espèces de *Pisidium* non retrouvés en 2024. Ce changement peut potentiellement être dû, en partie, aux

conditions météorologiques qui ont brassé les fonds. Il est possible que ces petits mollusques aient été emportés et n'aient ainsi pas été prélevés.

Pour la station Quai de Cologny, la richesse taxonomique en 2024 est de 25 taxons, soit égale à 2023 et plus haute que 2017 (24 taxons) et 2021 (20 taxons). En 2020, une nouvelle roselière a été aménagée, pouvant expliquer la légère perte de taxons en 2021 dû aux travaux puis une augmentation dès 2023 suite à la recolonisation rapide par les espèces. En revanche, le nombre d'espèces exogènes a augmenté, il était stable à 5 taxons en 2017 et 2021, est passé à 8 taxons en 2023 et est redescendu à 6 taxons en 2024. Les espèces indigènes sont en légère perte passant de 15 espèces en 2017, à 11 en 2021 et 9 en 2023 et 2024 (Figure 14).

A noter que pour la comparaison des taxons indigènes et exogènes, seules les déterminations jusqu'à l'espèce sont prises en compte.

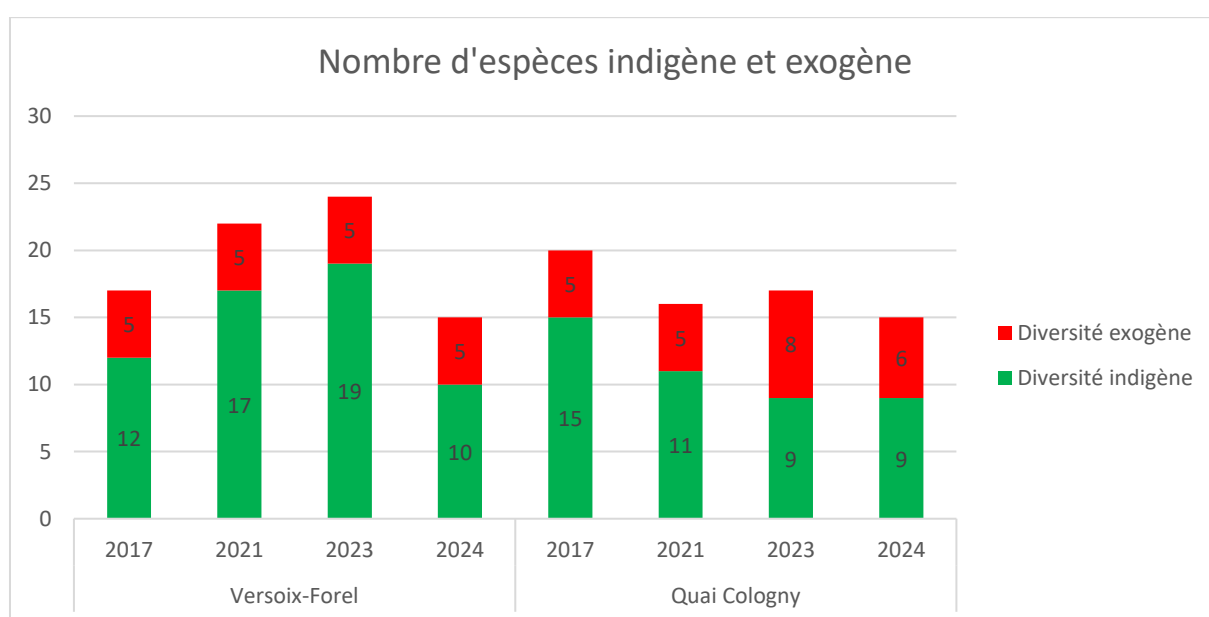


Figure 14 : Évolution de la diversité taxonomique entre les études de 2017, 2021, 2023 et 2024 aux deux stations Versoix-Forel et Quai de Cologny. En rouge les espèces exogènes et en vert les espèces indigènes.

5.3.2. Abondance

De manière générale, on notera la très forte présence des espèces exotiques qui dominent depuis plusieurs années déjà le macrozoobenthos lémanique.

À noter que pour la comparaison des taxons indigènes et exogènes, seules les déterminations jusqu'à l'espèce sont prises en compte.

L'abondance totale à Versoix-Forel a presque doublé depuis 2017. Toutefois, le nombre d'individus exotiques est toujours largement dominant (Figure 15).

Au niveau des espèces indigènes, on peut noter l'augmentation de *Radix balthica* (116 individus), mais bien inférieur au nombre d'individus des espèces exotiques : plus du double par rapport à 2023 du crustacé *Dikerogammarus villosus* (825 individus), légère augmentation du gastéropode *Potamopyrgus antipodarum* (551 individus), par contre

baisse par rapport à 2023 de la Moule Quagga *Dreissena rostriformis bugensis* (595 individus).

Au niveau du Quai de Cologny, l'abondance en 2021 était très faible, certainement dû aux travaux d'aménagement des roselières qui ont eu lieu en 2020. Cette densité a quintuplé en 2023 mais a à nouveau bien diminué en 2024. Les espèces exotiques sont toujours largement dominantes (Figure 15).

Aucune espèce indigène n'est présente dans une abondance importante. Les trois espèces exotiques dominantes, quant à elles, fluctuent d'une campagne à l'autre mais sont toujours dominantes.

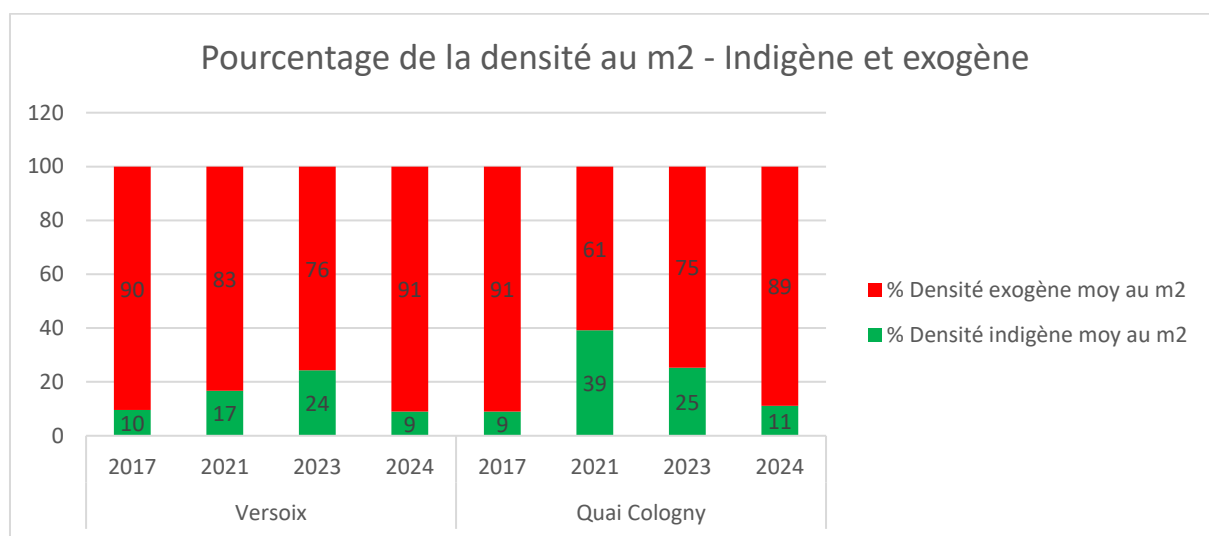


Figure 15 : Évolution du pourcentage de la densité au m² entre les campagnes de 2017, 2021, 2023 et 2024 aux deux stations Versoix-Forel et Quai de Cologny. En rouge les taxons exogènes et en vert les taxons indigènes.

5.4. Évolution des espèces exotiques

Comme démontré dans lors des campagnes de 2017, 2021 et 2023, un des principaux changements dans les communautés de macroinvertébrés du Léman genevois est vraisemblablement à mettre en relation avec l'arrivée récente de plusieurs espèces exotiques envahissantes et leur expansion. En effet, leur présence massive semble engendrer une diminution préoccupante de la densité de certaines espèces indigènes.

Les investigations de 2024, sur deux stations, confirment la présence des espèces exotiques suivants dans le Léman genevois :

- Les bivalves, *Dreissena polymorpha*, *Dreissena rostriformis bugensis* et *Corbicula sp.* ;
- Les gastéropodes, *Potamopyrgus antipodarum* et *Physella acuta* ;
- Les crustacés, *Dikerogammarus villosus* et *Chelicorophium curvispinum*, ainsi que l'espèce pélagique *Hemimysis anomala* (non prise en compte dans cette étude) ;
- Le Trichoptère : *Paduniella vandeli*.

Bien que non observés et/ou non déterminés en 2024 (les oligochètes n'ont été déterminés qu'au niveau taxonomique de la Sous-Classe), les espèces exotiques suivants sont probablement toujours présents dans le Léman genevois :

- La planaire *Girardia tigrina* ;
- Les 2 espèces de vers oligochètes : *Potamothrix vej dovskyi* et *Potamothrix moldaviensis* ;
- Les écrevisses *Orconectes limosus* et *Pacifastacus leniusculus* ;
- Le gastéropode *Gyraulus parvus*.

On notera que les 3 espèces exotiques dominantes, *Potamopyrgus antipodarum*, *Dikerogammarus villosus* et *Dreissena rostriformis bugensis* représentent à elles seules 89% des individus à Versoix-Forel et 77% des individus au Quai de Cologny. À noter que seules les espèces déterminées à l'espèce sont prises en compte dans ce calcul.

5.4.1. Les bivalves

Les résultats de ce suivi confirment la très forte colonisation des stations par la Moule Quagga, *Dreissena rostriformis bugensis* en défaveur de la Moule Zébrée, *Dreissena polymorpha* (Figure 16). La Moule Quagga est un des taxons le plus représenté en termes d'abondance, représentant 21% des individus totaux sur les deux stations confondues et les deux campagnes de prélèvements. Toutefois, malgré sa très faible proportion, la Moule zébrée est toujours présente dans la zone littorale du Léman genevois. En 2024, parmi les Dreissènes déterminées, la proportion de Moule Quagga par rapport à la Moule zébrée est de 100% à Versoix-Forel et 99% au Quai de Cologny.

À noter que *Dreissena rostriformis bugensis* est une proche parente de la Moule zébrée. Les premières observations dans le Léman datent de 2015 (Lods-Crozet, 2020). Toutefois, il est possible que *Dreissena rostriformis bugensis* ait colonisé le Léman plus tôt mais n'ait été détecté qu'en 2015.

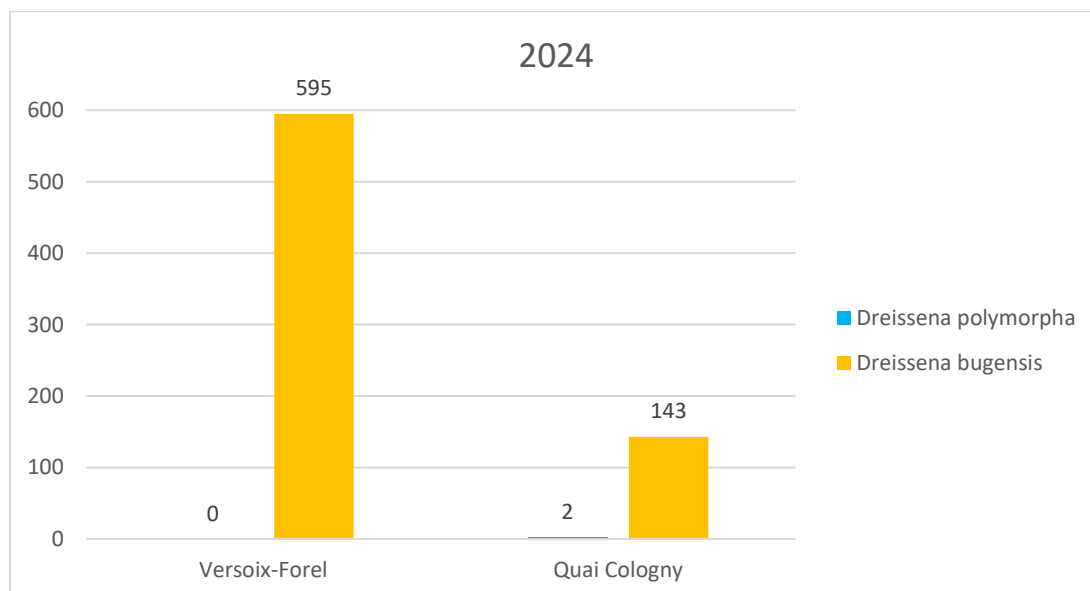


Figure 16 : Répartition par station du nombre d'individus des deux moules : *D. rostriformis bugensis* et *D. polymorpha* lors de la campagne estivale de 2024.

Pour la première fois sur ces deux stations, le bivalve exotique *Corbicula sp.* a été observé : 1 individu à Versoix-Forel lors de la campagne hivernale et 4 individus au Quai de Cologny lors de la campagne estivale.

5.4.2. Les gastéropodes

Les résultats de 2024 comparés à ceux de 2017, 2021 et 2023 pour l'abondance des gastéropodes exotiques mettent en évidence les tendances suivantes (Figure 9, annexe B.3) :

- *Potamopyrgus antipodarum* : À Versoix-Forel le nombre d'individus augmente légèrement à chaque campagne (2017, 290 individus, 2021, 310 individus, 2023, 453 individus et 2024, 551 individus). Au Quai de Cologny, il fluctue mais est toujours présent en quantité importante (2017, 1'542 individus, 2021, 50 individus, 2023, 700 individus et 2024, 230 individus).
En 2024, cette espèce était la plus abondante de toutes les espèces, représentant 30% du nombre d'individus, les deux stations et les deux campagnes combinées.
- *Physella acuta* : cette espèce n'était pas présente sur ces deux stations en 2017 mais a fait son apparition en 2021. Le nombre d'individus croît à chaque campagne mais reste encore faible sur ces deux stations.
- *Gyraulus parvus* : cette espèce a été observée uniquement en 2021 sur ces deux stations et en faible abondance.

5.4.3. Les crustacés

Les résultats de 2017, 2021 et 2023 comparés à ceux de 2024 pour l'abondance des crustacés exotiques mettent en évidence les tendances suivantes (Figure 9, annexe B.3).

- *Dikerogammarus villosus* : L'abondance de cette espèce a plus que doublé entre 2023 et 2024 à la station Versoix-Forel passant de 396 individus en 2023 à 825 individus en 2024. Elle a, en revanche, diminué de moitié par rapport à 2023 au Quai de Cologny passant de 210 individus en 2023 à 111 individus en 2024.
- *Chelicorophium curvispinum* : Cette espèce était présente à Versoix-Forel en 2017 et a réapparu en 2024 avec 5 individus. Au Quai de Cologny, 3 individus avaient été recensés en 2017 puis à nouveau 2 individus en 2023 mais elle n'a pas été observée en 2024.

5.4.4. Les décapodes

L'espèce *Orconectes limosus* avait été recensée lors de l'étude de 2006 puis plus. Un juvénile a été capturé lors de la campagne de 2023 au Quai de Cologny. Cette espèce est commune dans le Léman.

Des adultes de *Pacifastacus leniusculus* sont régulièrement observés dans le Léman.

6. Qualité écologique

L'étude de la composition de la communauté macrozoobenthique fournit des informations importantes permettant d'apprécier l'évolution du milieu et de sa naturalité.

Le suivi de 2024 n'ayant été effectué que sur deux stations, il ne permet pas de mettre à jour la qualité écologique de la zone littorale genevoise. Toutefois, ces données seront mises en commun avec les deux stations prélevées sur le Canton de Vaud et les deux stations prélevées sur Thonon-Agglomération et une comparaison au niveau lémanique sera effectuée, sur mandat de la CIPEL.

Par ailleurs, la qualité écologique du littoral genevois à l'aide du macrozoobenthos est effectué chaque six ans sur l'ensemble des 10 stations (Biol'Eau 2022). Le prochain monitoring aura lieu en 2027.

V. CONCLUSION

Les deux campagnes du 15 février 2024 et du 19 août 2024 aux stations de Versoix-Forel et Quai de Cologny ont permis de recenser plus de 10'000 individus. 48 taxons ont été identifiés dont 39 pour Versoix-Forel et 33 pour Quai de Cologny.

La classe dominante est les mollusques avec 24 taxons : 12 de gastéropodes et 12 de bivalves. Les mollusques représentent 58% de l'abondance totale, les deux campagnes et deux stations combinées (33.9% les bivalves et 24.3% les gastéropodes).

Parmi les espèces classées sur les Listes Rouges suisses, on notera la présence de deux espèces de *Pisidium* à la station Versoix-Forel : *Pisidium amnicum* classée "potentiellement menacée" et *Pisidium tenuilineatum* classée "vulnérable". Cette dernière était réapparue dans le Léman lors de la campagne 2021 après des décennies d'absence.

On notera également l'apparition de 4 nouvelles espèces pour le Léman genevois, 3 Trichoptères et un gastéropode. A la station Versoix-Forel, lors de la campagne hivernale, les 3 Trichoptères : *Potamophylax cingulatus*, *Chaetopteryx cf. villosa* et *Limnephilini sp.* Au Quai de Cologny, le gastéropode *Ferrissia sp.*

En ce qui concerne les espèces exotiques, on en dénombre 8 dont une nouvelle espèce exotique pour le Léman, le Trichoptère de la famille des Psychomyiidae, *Paduniella vandeli*, recensé au Quai de Cologny en 2023 et à nouveau en 2024. Cette espèce avait été observée pour la première fois en Suisse dans la vallée du Rhône en 2022. On observe pour la première fois sur ces deux stations le bivalve exotique *Corbicula sp.* Les trois espèces exotiques dominantes forment à elles seules 65.3% de la biomasse totale, il s'agit du gastéropode *Potamopyrgus antipodarum*, du bivalve *Dreissena rostriformis bugensis* et du crustacé *Dikerogammarus villosus*. Le nombre de taxons exogènes ne représente que 33% de la diversité totale, cependant les espèces exogènes représentent 93% de l'abondance totale ce qui signifie que la prolifération des espèces exogènes se fait au dépend des espèces indigènes.

La Moule Quagga, *Dreissena rostriformis bugensis*, selon les projections de l'EAWAG (Haltiner et al., 2021), devrait continuer à progresser dans le Léman de manière significative, impliquant potentiellement des dégâts importants autant au niveau de la biodiversité qu'au niveau économique. En effet, la Moule Quagga a la capacité de former des couches denses pouvant obstruer les conduites de captage d'eau, même à des profondeurs importantes. Par ailleurs, une moule adulte peut filtrer jusqu'à 2 L d'eau par jour, impactant de manière significative la chaîne trophique, une réduction de la biomasse planctonique est très probable dans les zones où elles prolifèrent (Lods-Crozet, 2020). Lors de la campagne hivernale 2024, les effectifs de Moule Quagga étaient les plus élevés de la chronique, toutefois durant la campagne estivale, ils étaient deux fois moins importants que l'année précédente. Il est possible que les conditions météorologiques ayant conduit à un brassage important du milieu aient contribué à la capture moins importante des mollusques. Malgré sa large diminution, la Moule zébrée, *Dreissena polymorpha*, est toujours présente.

Les prélèvements ont été effectués en plongée subaquatique à 3 gradients de profondeur : 0-1m, 1-3m et 3-5m. On observe un fort gradient au niveau des

profondeurs : le nombre de taxons ainsi que l'abondance augmente avec la profondeur. La zone la moins profonde (0-1m) est fortement impactée par les rives artificielles qui accentuent le mouvement des vagues et empêchent vraisemblablement la colonisation des macrophytes et du macrozoobenthos ; elle est plus faible à la fois en termes d'abondance que de diversité. La partie la plus biogène est la partie entre 3m et 5m ou les macrophytes sont bien présents, offrant un habitat fondamental pour la petite faune aquatique. Ces observations montrent un bon potentiel de colonisation par le macrozoobenthos qui bénéficierait de berges naturelles avec une pente graduelle permettant leur colonisation même dans les faibles profondeurs.

La station de Versoix-Forel est plus riche que celle du Quai de Cologny, que ce soit en termes de diversité (39 taxons à Versoix-Forel et 33 au Quai de Cologny) que de densité au m² (15'669 individus/ m² à Versoix-Forel et 12'771 individus/ m² au Quai de Cologny). Cette belle richesse à Versoix-Forel est certainement due aux travaux de réaménagement de l'embouchure de la Versoix qui amène de l'eau fraîche et bien oxygénée ainsi qu'une diversité de milieux et de vitesses d'écoulement. Elle bénéficie également d'une rivière naturelle qui fonctionne bien et depuis laquelle les rives du lac peuvent être colonisées.

Au Quai de Cologny, des travaux de réaménagement des rives ont été entrepris en 2020. Ces travaux ont apparemment perturbé le milieu avec une nette baisse du nombre d'individus capturés en 2021. Le processus de recolonisation est en cours avec une amélioration du nombre de taxons et de l'abondance lors des campagnes de 2023 et 2024.

2024 était la première année où deux campagnes étaient prélevées : l'une en hiver et l'autre en été. Ces deux prélèvements sont complémentaires avec plus de captures de mollusques en hiver (8 espèces de *Pisidium* dont 2 sur Liste Rouge). Les larves d'insectes, qui présentent souvent peu d'individus, voient leur probabilité d'être capturées augmentée avec le nombre de campagne. Ainsi, 6 taxons de Trichoptères et 6 taxons d'Éphémères ont été observés sur les deux campagnes dont 3 espèces de Trichoptères dénombrés pour la première fois dans le Léman genevois.

Globalement, la macrofaune invertébrée indigène du Léman est fortement impactée par le flux d'arrivées d'espèces exotiques à fort pouvoir de perturbation. Les fonds littoraux changent avec l'installation de la Crevette tueuse (*Dikerogammarus villosus*), de l'Hydrobie des antipodes (*Potamopyrgus antipodarum*), de la Crevette de vase (*Chelicorophium curvispinum*), et enfin de la Moule Quagga (*Dreissena rostriformis bugensis*). La biodiversité indigène littorale chute avec la régression majeure du gammare indigène (potentiellement 8 observations en 2024), de l'Aselle (non observée en 2024) et des larves d'insectes. La prolifération de la Moule Quagga a uniformisé les fonds littoraux en recouvrant de plusieurs centimètres les zones de galets et blocs, lieux d'habitats et de refuges de toute une petite faune invertébrée. Les grandes moules *Anodonta* et *Unio* déjà impactées par la fixation des moules zébrées sur leur coquille, sont très probablement impactées par le recouvrement uniforme des fonds par les Moules Quagga, les empêchant de respirer, creuser des galeries dans le sédiment et se nourrir (Lods-Crozet, 2020).

Une des raisons de la chute des larves d'insectes peut également être l'artificialisation des rives et le manque de végétation émergée qui contribue à leur cycle de vie.

Il est important de continuer de monitorer ces zones riches du lac afin de pouvoir déceler rapidement l'arrivée de nouvelles espèces potentiellement problématiques. Ce monitoring permet également d'évaluer le succès des renaturations des rives lacustres sur ce compartiment biologique et d'affiner les connaissances sur le type de renaturation à proposer pour avoir un maximum d'effet sur la faune aquatique.

1. Perspectives

1.1. Au niveau genevois

Ce suivi annuel a été mis en place à la suite de la dernière étude complète de 2021-2022. Comme recommandé dans cette étude, il a eu lieu sur deux stations représentatives des rives genevoises du Léman, placées sur les deux rives permettant une vision de l'arrivée potentielle des espèces exotiques sur le Canton de Genève par le lac et/ou par le Rhône et relativement accessibles afin de limiter les coûts d'échantillonnage. La méthodologie appliquée a été la même que pour les campagnes de 2017, 2021 et 2023 afin de pouvoir comparer ces différentes études. Dès 2024, deux campagnes ont lieu afin d'optimiser la diversité, l'une en hiver (février-mars) et l'autre en été (mi-juin, mi-septembre).

Ce monitoring nous permet d'avoir un suivi plus régulier d'éventuelles nouvelles espèces exotiques qui pourraient arriver dans le Léman et ainsi pouvoir prendre des mesures, si nécessaire, plus rapidement que ce qui aurait pu être fait contre la Moule Quagga, maintenant très implantée dans le Léman. Cela permet également d'observer les espèces indigènes plus rares, notamment les deux espèces de gastéropodes du genre *Pisidium* sur Liste Rouge, et de les protéger.

Parallèlement à d'éventuelles mesures de luttes contre ces espèces exotiques, la limitation de la propagation à d'autres plans d'eau préservés est également fondamentale. Une grande partie des cantons suisses ont déjà mis en place une obligation de nettoyage des bateaux lors d'un changement de plan d'eau. En effet, la navigation de plaisance est le premier facteur de propagation des espèces exotiques d'un plan d'eau à un autre. Si une telle mesure devait être décidée pour le Léman, le Canton de Genève prendrait ça très au sérieux et prévoirait la mise en place de nouveaux lieux de nettoyage des bateaux et une large sensibilisation des propriétaires de bateaux.

Par ailleurs, cette étude montre à nouveau que des rives naturelles sont plus résilientes et riches en biodiversité. Ainsi, il est important de renaturer les rives lacustres, notamment en créant des grèves naturelles plus propices au développement des macrophytes et à la colonisation du macrozoobenthos. Ce type d'habitat devrait être favorisé lors de projets de réaménagement des rives.

1.2. Au niveau lémanique

Le Léman, comme d'autres plans d'eau européens, fait et devra faire face à ces flux d'espèces exotiques qui soumettent les écosystèmes à des perturbations, rééquilibres fonctionnels fréquents et pertes majeures de biodiversité (Lods-Crozet, 2020).

La CIPEL a organisé une séance regroupant les cantons de Vaud et Genève ainsi que Thonon-Agglomération afin de mettre en place un suivi annuel de la zone littorale lémanique. La méthode a été uniformisée ainsi que la période de prélèvement qui ne pourra malheureusement pas être effectuée deux fois par an dans les autres régions. La période de mi-juin à mi-septembre a été choisie. Le Canton de Vaud, qui effectuait ces relevés depuis de nombreuses années a adapté son protocole et sa période d'échantillonnage en 2024 en n'effectuant qu'un seul prélèvement estival. Thonon-Agglomération a également prélevé pour la première fois sa zone littorale. Un rapport de synthèse au niveau lémanique est en cours de rédaction par des mandataires de la CIPEL afin de comparer ces trois régions lémaniques.

Parallèlement, la CIPEL est en discussion pour introduire l'obligation de nettoyage des bateaux et ainsi suivre le mouvement en cours en Suisse pour protéger les plans d'eau des espèces exotiques envahissantes. En effet, le Léman a une responsabilité importante pour ne pas diffuser les espèces présentes dans des plans d'eau encore exempts de ces espèces exotiques.

1.3. Comparaison avec d'autres lacs

Il serait intéressant, une fois l'analyse de la zone littorale effectuée au niveau du Léman avec les trois régions prélevées, d'effectuer une comparaison avec les autres lacs suisses, ou alpins, procédant au même genre d'analyses. La méthode développée pour les suivis des espèces exotiques du Léman pourrait être proposée dans le cadre du SMG Lac, ce qui permettrait une comparaison avec les autres lacs de Suisse sur le long terme et avec un monitoring uniformisé et des indicateurs de qualité, comme c'est le cas pour les cours d'eau. Cela permettrait de se rendre compte si la présence massive des espèces exotiques envahissantes entraînant une perte de biodiversité est également observée dans d'autres lacs.

Il pourrait aussi être pertinent de comparer le Léman à des lacs plus naturels tels que ceux, par exemple, de Slovénie afin d'avoir une référence d'un état naturel vers lequel il serait souhaitable de tendre en procédant à la restauration de nouveaux habitats dans la zone littorale.

VI. BIBLIOGRAPHIE

Biol'Eau, 2018 : Macroinvertébrés benthiques des rives genevoises du Léman – Investigations 2017. Bernex, 45 pp.

Biol'Eau, 2022 : Macroinvertébrés benthiques des rives genevoises du Léman – Investigations 2021. Bernex, 34 pp.

CIPEL, 2023 : Rapports sur les études et recherches dans le bassin lémanique – Campagne 2022

Haltiner et al, 2021 : The distribution and spread of quagga mussels in perialpine lakes north of the Alps

Lods-Crozet, 2020 : Flux d'espèces exogènes envahissantes benthiques dans le Léman, synthèse des données 2011-2019.

Mulattieri P., 2006 : Etude de l'impact des aménagements riverains sur les macroinvertébrés benthiques des rives genevoises du Léman. Université de Genève, Genève.

Office fédéral de l'environnement (OFEV) et par le Centre suisse de cartographie de la faune (CSCF) Berne, 2012 : Liste rouge mollusques (gastéropodes et bivalves)

Office fédéral de l'environnement (OFEV) et par le Centre suisse de cartographie de la faune (CSCF) Berne, 2012 : Listes rouges Éphémères, Plécoptères, Trichoptères

Marle et al., 2023 : *Paduniella vandeli* Décamps, 1965 (Trichoptera, Psychomyiidae), nouvelle espèce d'origine méridionale pour la Suisse

SECOE, 2016 : État écologique du petit lac en 2014 – Évolution depuis 2009. Service de l'écologie de l'eau, canton de Genève, 74 pp.

SSPMA, 2024 : Étude des macroinvertébrés benthiques de la zone littorale genevoise du Léman – Investigations 2023. Genève, 37 pp.

Tachet, 2010 : Invertébrés d'eau douce : systématique, biologie, écologie

VII. ANNEXES

Annexe A : Carte des stations

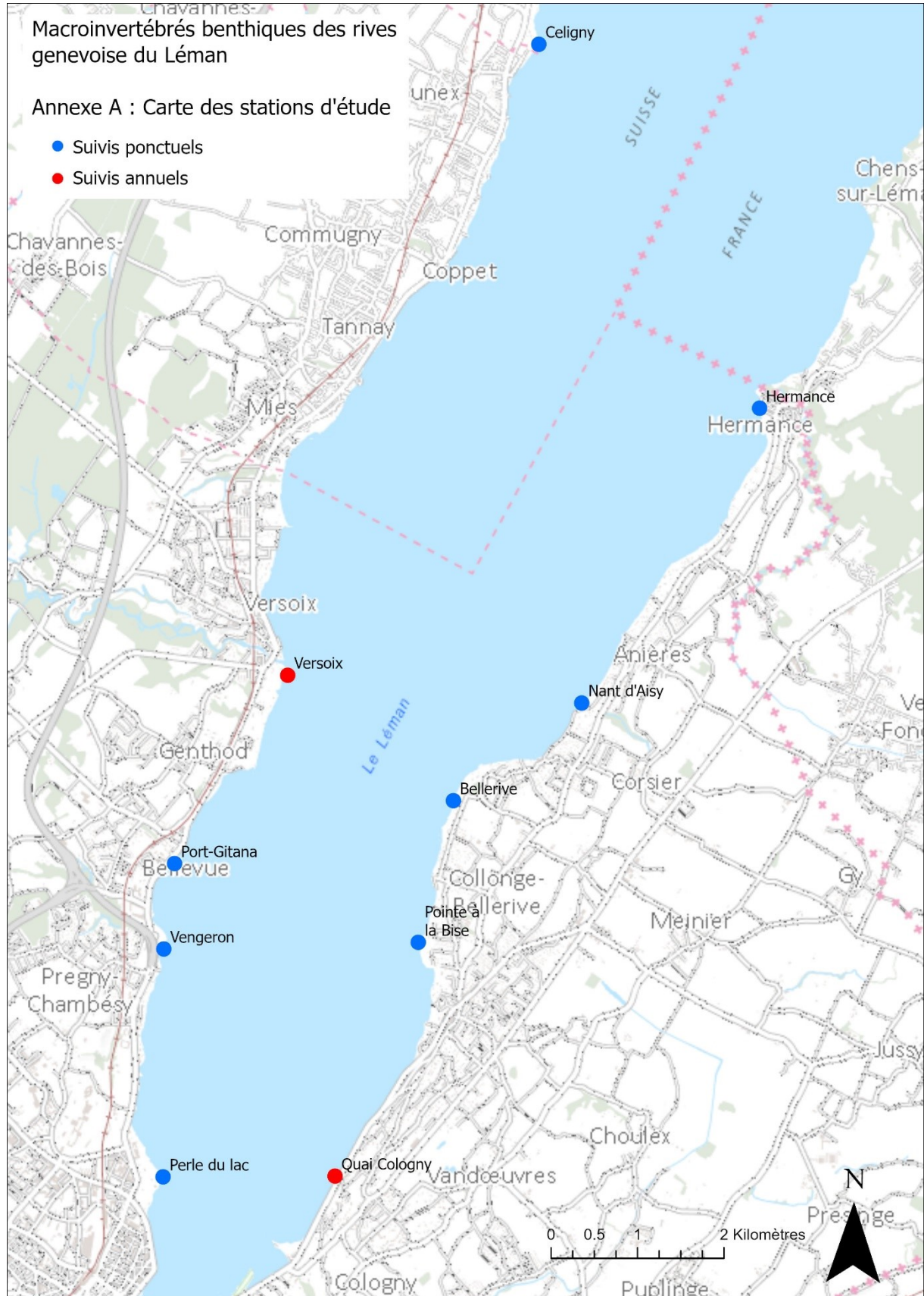
Annexe B : Listes faunistiques

B.1 : Campagne hiver 2024

B.2 : Campagne été 2024

B.3 : Tableau de comparaison des campagnes estivales de 2017, 2021, 2023 et 2024

Annexe A



Annexe B.1 – Campagne hiver 2024. En rouge les espèces exotiques, en vert clair l'espèce classée « Potentiellement menacée » et en vert foncé l'espèce classée « Vulnérable » sur la Liste Rouge des mollusques de Suisse. La ligne orange pour l'espèce pélagique non prise en compte dans ce monitoring.

Plan d'eau : Date de prélèvements : Déterminatrice et Leg. :		Protocole-Laboratoire										
Léman 16.02.2024 SSPMA - Nathalie Dupont et Diane Maitre		Lieu Emplacement Coordonnées GPS Profondeur		Rive droite Versoix - Forel 502.307 - 125.471 0-1 m	Rive droite Versoix - Forel 502.307 - 125.471 1-3 m	Rive droite Versoix - Forel 502.307 - 125.471 3-5 m	Rive droite Versoix - Forel 502.307 - 125.471 TOTAL	Rive gauche Qual de Coligny 502.854 - 119.674 0-1 m	Rive gauche Qual de Coligny 502.854 - 119.674 1-3 m	Rive gauche Qual de Coligny 502.854 - 119.674 3-5 m	Rive gauche Qual de Coligny 502.854 - 119.674 TOTAL	TOTAL
LISTE DES TAXONS												
Hirudinea	Glossosiphoniidae	Helobdella stagnalis	n.d.	3	4	4	3					4
Hydridae	n.d.	n.d.	22	83	129	234	15					4
Oligochaeta	Ancylidae	Ancylus fluviatilis	21	10	4	35						341
	Ferussidae	Ferussa sp.	n.d.									91
	Hydrobiidae	Potamopyrgus antipodarum	108	419	679	1206	5					3
		Radix balatica						5				2389
		Radix auricularia	3	1	1	5						16
		Physella acuta										2
Gastropoda	Physidae	Gyraulus albus		2	8	10						42
	Planorbidae	Gyraulus albus		1	1	2						5
	Valvatidae	Valvata piscinalis		1	2	2						3
	Bithyniidae	Bithynia tentaculata										1
	Viviparidae	Viviparus ater										1
	Dreissenidae	Dreissena polymorpha	2			2						12
		Dreissena bugensis	407	276	477	1160	9					1465
		Pisidium sp. luv.	5	7	89	101	33					10
		Pisidium amnicum				14						14
		Pisidium casertanum	1	15	22	38						47
		Pisidium henricum				13						13
		Pisidium hibernicum		1	1	2						2
		Pisidium nitidum		4	8	12						19
		Pisidium personatum	2			2						2
		Pisidium subtruncatum				4						4
		Pisidium tenuilineatum				3						3
		Corticulida sp.			1	1						1
Arachnida	Hydracarina	n.d.						1				1
	Copropodiidae	Phrotocorophium curvispinum		10	3	13		2				15
	Gammaridae	Dreogammarus villosus	84	64	125	273	264					652
		n.d.										2
	Caenidae	Caenis maclura	25	10	3	38						38
		Caenis luctuosa	7	3	1	11		1				30
		Caenis sp. (lux.)										0
	Ephemeroptera	Ephemeridae		1		1		10				11
		Psocomyiidae										1
		Leptoceridae										1
		Decetis ochracea				1						1
		Potamophylax cingulatus				2						2
		Chaetopteryx cf. villosa				1						1
		Limnephilini sp.				1						1
Diptera	Chironomidae	n.d.	6	51	88	145	75					359
	Ceratopogonidae	n.d.		1	1	2						504
Lepidoptera	Crambidae	Acerhria ephemerella	7			10						2
	Limnidae	Limnius sp.	700	971	1681	3352	476					10
		n.d.	14	24	28	34	10					5852
								560				2500
								1464				42
								14				24

Annexe B.3 – Listes faunistiques des campagnes estivales de 2017-2021-2023-2024. En rouge les espèces exotiques, en vert les nouveaux taxons pour ces deux stations.

	Espèces	Versoix-Forel				Quai Cologny				
		2017	2021	2023	2024*	2017	2021	2023	2024*	
CNIDARIA	Hydridae	<i>Hydra sp.</i>					1			
Platyhelminthes	Dugesidae	<i>Dugesia / Girardia sp.</i>		1						
Hirudinea	Erpobdellidae	<i>Erpobdella sp.</i>		5	1					
	Glossiphoniidae	<i>Helobdella stagnalis</i>		4	12		1	1		
Oligochaeta	n.d.		184	210	767	82	62	2	147	
Gastropoda	Ancylidae	<i>Ancylus fluviatilis</i>	77	73	174	27	91	47	412	
	Ferrissiidae	<i>Ferrissia sp.</i>							3	
	Bithyniidae	<i>Bithynia tentaculata</i>	4	1			1		1	
	Hydrobiidae	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	290	310	453	551	1542	50	700	
	Lymnaeidae	<i>Lymnaea stagnalis</i>			1	7		1		
		<i>Radix auricularia</i>			3		1			1
		<i>Radix balthica</i>	26	34	12	116	59	77	4	7
	Physidae	<i>Physella acuta</i>		28	35	50		55	53	70
		<i>Physidae sp.</i>							22	
	Planorbidae	<i>Gyraulus sp.</i>							2	2
		<i>Gyraulus albus</i>	9	3	4		1	4	1	
		<i>Gyraulus parvus</i>		3				35		
		<i>Planorbis sp.</i>				1				1
	Valvatidae	<i>Valvata piscinalis</i>	1		1	3				
Viviparidae	<i>Viviparus ater</i>	1				1	2	2		
Bivalvia	Corbiculidae	<i>Corbicula fluminea</i>				1				
		<i>Corbicula sp.</i>							4	
	Dreissenidae	<i>Dreissena polymorpha</i>	324.5	6	1		147		5	2
		<i>Dreissena bugensis</i>	324.5	450	974	595	147	55	372	143
	Sphaeriidae	<i>Pisidium amnicum</i>		17	307	1				
		<i>Pisidium casertanum</i>	5	7	30	22	4		10	13
		<i>Pisidium henslowanum</i>	1		1		2			
		<i>Pisidium nitidum</i>	1	1	4		59	10	9	
		<i>Pisidium milium</i>			1		3			
		<i>Pisidium moitessierianum</i>			1					
		<i>Pisidium personatum</i>		1	2					
<i>Pisidium subtruncatum</i>			4	3		1	5			
<i>Pisidium tenuilineatum</i>			5	3			1			
<i>Pisidium sp. juveniles</i>	32	80	28	6	62	10	1	132		
Arachnida	Hydracarina	n.d.						3	1	
Amphipoda	Corophiidae	<i>Chelicorophium curvispinum</i>	46			5	3	2		
	Gammaridae	<i>Dik erogammarus villosus</i>	322	133	396	825	123	39	210	
		<i>Gammarus sp.</i>			6					
Decapoda	Cambaridae	<i>Oronectes limosus</i>						1		
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis rhodani</i>		1	4					
		<i>Cloeon dipterum</i>							1	
	Caenidae	<i>Caenis sp.</i>			10	2			3	10
		<i>Caenis horaria</i>		1				22		
		<i>Caenis luctuosa</i>	2	16	12	9		2	17	18
		<i>Caenis macrura</i>		16	22	14				2
Ephemeridae	<i>Ephemera sp.</i>			1						
Trichoptera	Hydroptilidae	<i>Agraylea sexmaculata</i>							22	
	Leptoceridae	<i>Athripsodes sp.</i>	2							
		<i>Mystacides azurea</i>	5				4	1		
		<i>Mystacides sp.</i>	4				4			
		<i>Oecetis sp.</i>	1	1						
		<i>Oecetis ochracea</i>				1				1
	Limnephilidae	n.d.	2	1						
		<i>Potamophylax sp.</i>		1						
		<i>Potamophylax cingulatus</i>				1				
		<i>Limnephilini sp.</i>				1				
Psychomyiidae	<i>Chaetopteryx cf. villosa</i>				2					
	<i>Tinodes waeneri</i>					1				
	<i>Paduniella vandeli</i>							9	1	
	Odontoceridae	<i>Odontocerum albicorne</i>			1					
Diptera	Chironomidae	n.d.	225	135	924	197	64	16	273	
	Ceratopogonidae	n.d.				2				
	Simuliidae	n.d.							1	
Lepidoptera	Crambidae	<i>Acentria ephemerella</i>	6			4		1	2	
Coleoptera	Elmidae	<i>Limnius sp.</i>	4	6	1					