

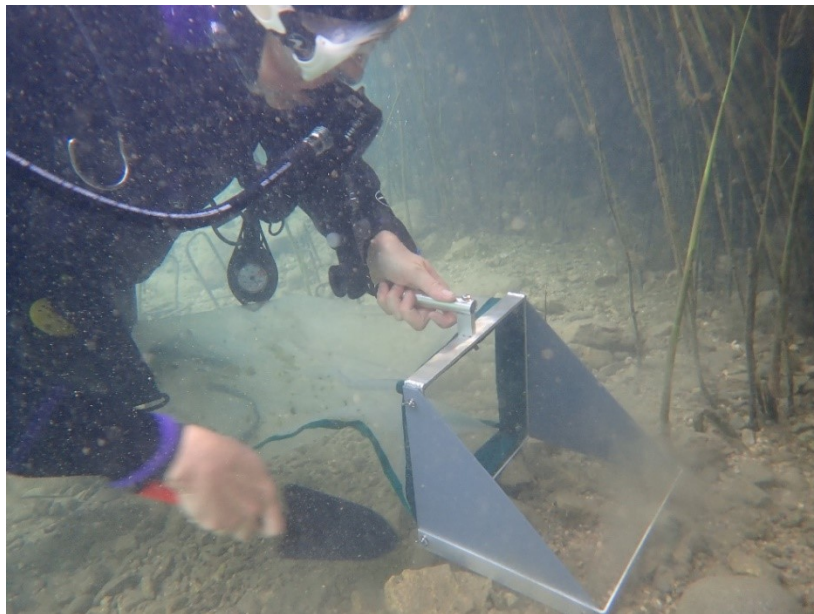


Département du Territoire
Office Cantonal de l'Eau

Service de la surveillance et de la protection des eaux
et milieux aquatiques

Étude des macroinvertébrés benthiques de la zone littorale genevoise du Léman

Campagne 2023



Feuille de contrôle du document

Titre	Étude des macroinvertébrés benthiques de la zone littorale genevoise du Léman – Campagne 2023
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 – Museum de Lausanne
Service	Service de la surveillance et de la protection des eaux et milieux aquatiques
Date	08.09.2025
Nom du fichier	Rapport Macroinvertébrés Léman 2023-v2.docx
Statut	<input type="checkbox"/> Provisoire <input checked="" type="checkbox"/> Final
Photo de couverture	Prélèvement station Quai de Cologny 17.07.2023 © Pascal Mulattieri <i>Potamopyrgus antipodarum</i> © Diane Maitre
Distribution	Public
Visa	Cécile Georget & Arielle Cordonier
Proposition bibliographique	SSPMA, 2024 : Étude des macroinvertébrés benthiques de la zone littorale genevoise du Léman – Campagne 2023. Genève, 37 pp.

Versions, Modifications

No	Chapitre	Version	Date
1		1.0	31.07.2024
2		2.0	08.09.2025
3		3.0	18.11.2025

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 2023	10
	1.Stations et substrats	10
	2.Communauté benthique	11
	2.1.Espèces menacées	13
	2.2.Espèces exotiques.....	14
	3.Abondance des taxons.....	17
	4.Résultats détaillés	18
	4.1.Résultats par profondeur	18
	4.2.Résultats par station	19
	4.3.Densité.....	21
	5.Évolution des communautés benthiques	22
	5.1.Densité.....	22
	5.2.Évolution de la richesse taxonomique.....	22
	5.3.Comparaison avec les campagnes de 2017 et 2021	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	27
	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

I. RESUME

Lors de l'étude du suivi du macrozoobenthos de la zone littorale genevoise en 2021, et à la suite du constat du manque de réactivité dans des mesures de lutte ou de limitation de propagation des Moules Quagga, observées pour la première fois dans le Léman en 2015, il a été suggéré de mettre en place un monitoring annuel du macrozoobenthos de la zone littorale avec un focus sur les espèces exotiques.

Ces prélèvements effectués, en juillet 2023 sur deux stations de la zone littorale genevoise, ont montré 40 taxons différents dont les mollusques sont les plus représentés avec 23 taxons. Parmi les mollusques, on note 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.

Un nouveau Trichoptère exotique a également fait son apparition dans le Léman, *Paduniella vandeli*. Sa présence est confirmée par des individus capturés également à St-Prex, Buchillon et à Chens-sur-Léman, confirmant sa présence dans le Léman dès 2023.

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.

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

La CIPEL a mis en place un monitoring au niveau du Léman avec l'harmonisation de la méthode entre les cantons de Vaud et Genève ainsi que Thonon-Agglomération. Ce monitoring sera effectif dès 2024.

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 étude 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 suivre annuellement afin de suivre l'évolution de la colonisation des espèces exotiques lacustres sur le canton de Genève.

En 2023, la CIPEL, en accord 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 sera effectué sur l'analyse globale de ces trois régions.

Le présent document constitue le rapport final de la campagne de juillet 2023 effectuée 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 2023.

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 structurelle 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).

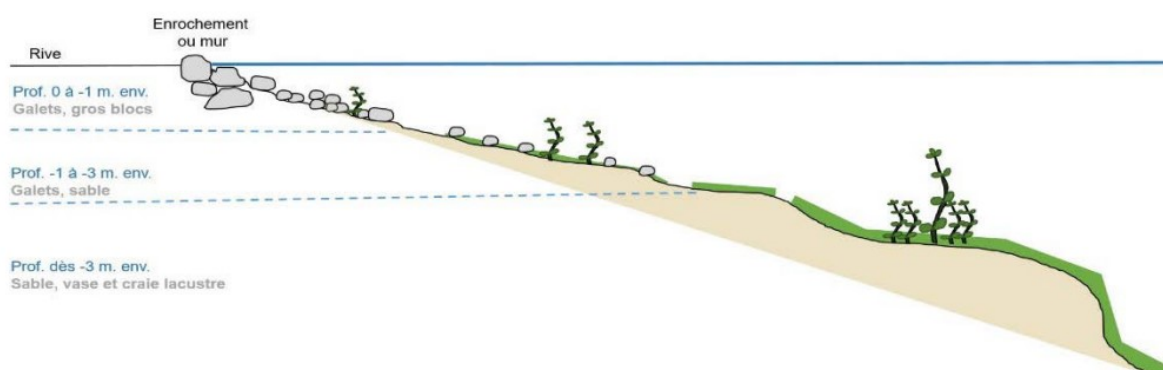


Figure 1 : Représentation grossière des substrats présents sur les rives genevoises du Léman.

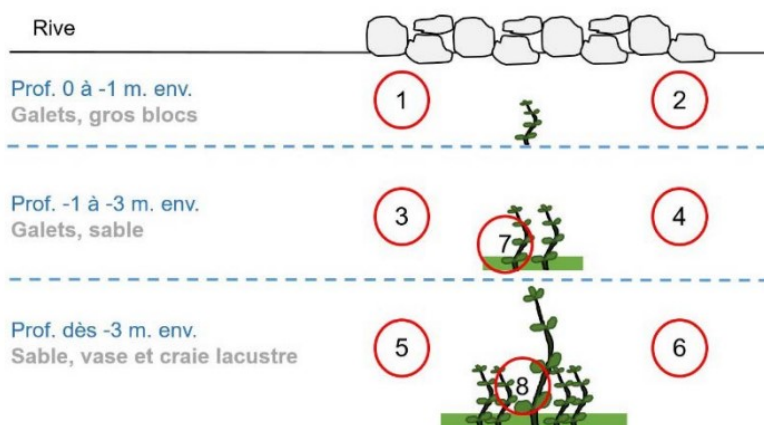


Figure 2 : Schéma du plan d'échantillonnage par station composé de 8 prélèvements.

S'agissant d'un suivi annuel comparatif avec les études menées en 2017 et 2021, 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.

Les prélèvements des 2 stations ont été réalisés le 17 juillet 2023 par temps sec.

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 de l'échantillonnage, a été réalisé pour :

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

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

- Une liste faunistique complète comparable aux campagnes de 2017 et 2021 ;
- 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 2023

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 (Figure 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 (Tableau 3 et Figure 3).

Des macrophytes sont présents en 2023 sur les deux stations.

Tableau 3 : Liste des substrats dominants et macrophytes par station.

N° de station	Nom de la station	Substrat dominant et macrophytes		
		0 à -1m	-1 à -3m	-3 à -5m
2	Versoix – Forel	Galets (>25mm)	Galets (>25mm)	Sable (<2.5mm)
			Potamots perfolié, pectiné, luisant et Myriophylle en épis	
10	Quai de Cologny	Galets (>25mm)	Galets (>25mm)	Galets (>25mm)
			Potamots perfolié, luisant et Myriophylle en épis	



Galets – Station n°2



Sable – Station n°2



Macrophytes – Station n°2

Galets et pieds de roseaux – Station n°10

Figure 3 : Photographies de différents types de substrats.

2. Communauté benthique

Les relevés de 2023 sur les deux stations riveraines ont permis de recenser au **total 40 taxons** dont 30 ont été déterminés à l'espèce (Tableau 4). Les résultats par station sont présentés en annexe B et dans le chapitre IV.

Tableau 4 : Liste taxonomique complète des relevés 2023 (n.d. "non déterminé" ¹).

Groupe faunistique	Famille / sous-famille	Genre / Espèce
Hirudinea	Glossiphoniidae	<i>Helobdella stagnalis</i>
Oligochaeta		n.d. ¹
Gastropoda	Ancylidae	<i>Ancylus fluviatilis</i>
	Bithyniidae	<i>Bithynia tentaculata</i>
	Hydrobiidae	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>
	Lymnaeidae	<i>Lymnaea stagnalis juveniles</i>
		<i>Radix balthica</i>
	Physidae	<i>Physella acuta</i>
		<i>Physidae sp.</i>
	Planorbidae	<i>Gyraulus albus</i>
		<i>Gyraulus sp.</i>
Valvatidae	<i>Valvata piscinalis</i>	
Viviparidae	<i>Viviparus ater</i>	
Bivalvia	Dreissenidae	<i>Dreissena polymorpha</i>
		<i>Dreissena rostriformis bugensis</i>
	Sphaeriidae	<i>Pisidium sp. juv.</i>
		<i>Pisidium cf. amnicum juv.</i>
		<i>Pisidium amnicum</i>
		<i>Pisidium casertanum</i>
		<i>Pisidium henslowanum</i>
		<i>Pisidium milium</i>
		<i>Pisidium moitessierianum</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>
Decapoda	Cambaridae	<i>Orconectes limosus</i>

Groupe faunistique	Famille / sous-famille	Genre / Espèce
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis rhodani</i>
	Caenidae	<i>Caenis macrura</i>
		<i>Caenis luctuosa</i>
		<i>Caenis sp. (juv.)</i>
Ephemeridae	<i>Ephemera sp. (juv.)</i>	
Trichoptera	Odontoceridae	<i>Odontocerum albicorne</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 23 taxons identifiés au genre (voire à l'espèce) dont 11 taxons pour les gastéropodes (Gastropoda) et 12 pour les bivalves (Bivalvia) (Figure 4) ;

Parmi les insectes, la richesse spécifique des Diptères est vraisemblablement sous-estimée, en raison de détermination n'atteignant pas le niveau taxonomique de l'espèce (Figure 5) :

- Les Chironomidés, qui représentent 19% du nombre d'individus totaux, ne sont déterminés qu'au niveau de la famille ;
- Les larves de Coléoptères ne sont déterminées qu'au niveau du genre.

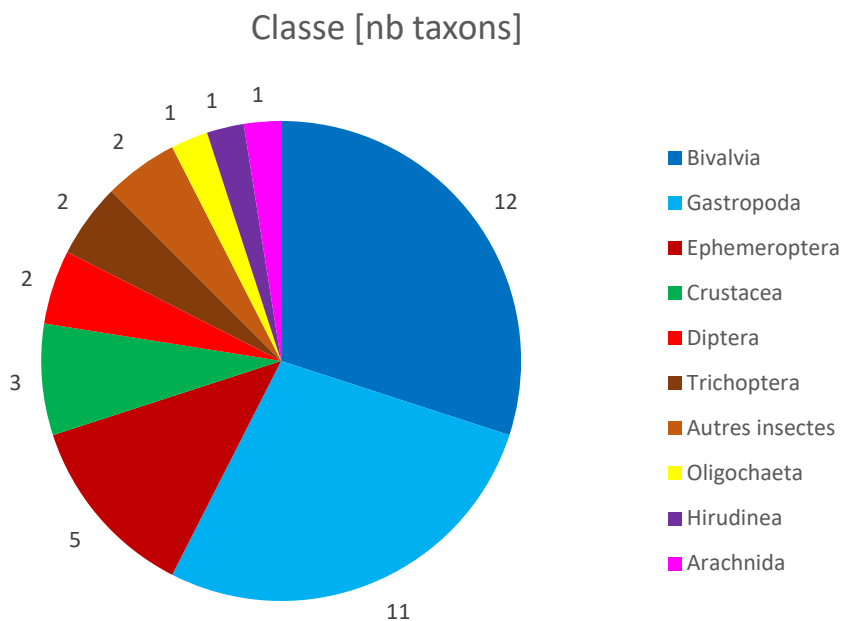


Figure 4 : Représentation du nombre de taxons, pour les deux stations lors de la campagne de 2023.

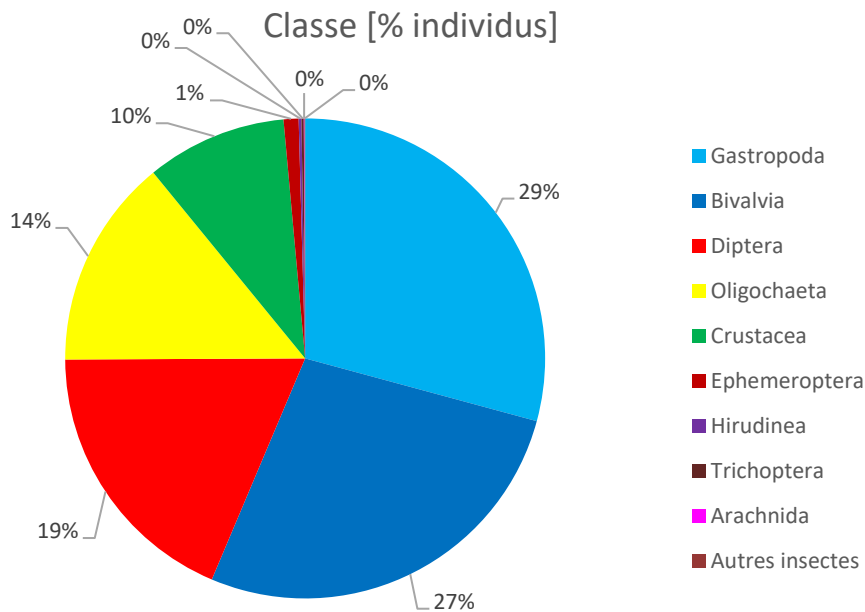


Figure 5 : Représentation du nombre d'individus, en pourcentage, des différents taxons, pour les deux stations, lors de la campagne 2023.

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 2023, 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 est maintenant confirmée ;
- 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 trois espèces, la plupart des taxons recensés dans les rives du Léman, dans le cadre de ce suivi 2023, 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 2023.

Groupe faunistique	Famille	Genre / Espèce	Statut de la Liste Rouge
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis rhodani</i>	LC
	Caenidae	<i>Caenis macrura</i>	LC
		<i>Caenis luctuosa</i>	LC
Trichoptera	Odontoceridae	<i>Odontocerum albicorne</i>	LC
Gastropoda	Ancylidae	<i>Ancylus fluviatilis</i>	LC
	Bithyniidae	<i>Bithynia tentaculata</i>	LC
	Lymnaeidae	<i>Lymnaea stagnalis juveniles</i>	LC
		<i>Radix balthica</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 milium</i>	LC
		<i>Pisidium moitessierianum</i>	LC
		<i>Pisidium nitidum</i>	LC
		<i>Pisidium personatum</i>	LC
		<i>Pisidium subtruncatum</i>	LC
<i>Pisidium tenuilineatum</i>	VU		

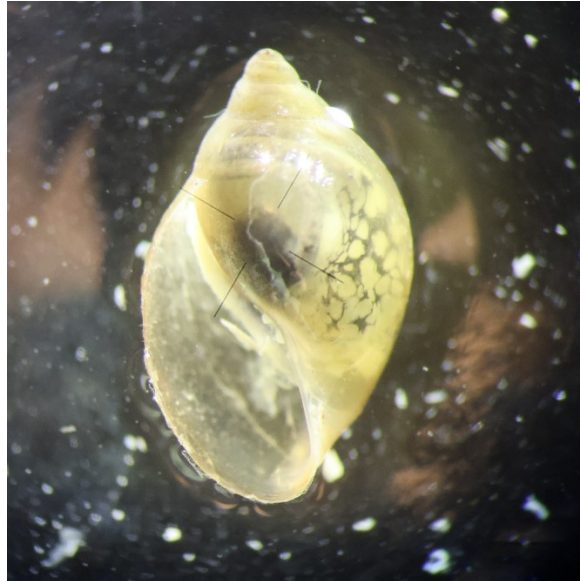
2.2. Espèces exotiques

Les relevés 2023 établissent la présence d'espèces exotiques potentiellement envahissantes de macroinvertébrés benthiques suivantes (cf. Tableau 4) :

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



Gastéropode *Potamopyrgus antipodarum*



Gastéropode *Physella acuta*



Bivalve *Dreissena polymorpha*



Bivalve *Dreissena rostriformis bugensis*



Crustacé *Dikerogammarus villosus*



Crustacé *Chelicorophium curvispinum*



Décapode *Orconectes limosus*

Trichoptère *Paduniella vandeli*

Figure 6 : Les espèces exotiques présentes dans la Léman lors de la campagne de juillet 2023.

En 2023, une nouvelle espèce exotique a été observée dans le Léman, le Trichoptère *Paduniella vandeli*. Cette espèce méridionale avait été observée pour la première fois en Suisse dans la vallée du Rhône en 2022 grâce à des piégeages lumineux (Marle et al. 2023). Elle est trouvée pour la première fois, sous forme larvaire, dans le Léman genevois, à la station Quai de Cologny. La même observation est faite parallèlement dans le Canton de Vaud avec des larves observées à St-Prex et des adultes capturés à Buchillon ainsi qu'en France à Chens-sur-Léman. L'analyse de la répartition de *P. vandeli* amène à penser que les nouvelles observations de cette espèce ne sont pas uniquement liées à l'extension de son aire de répartition. En effet, l'afflux important d'observations récentes de *P. vandeli* issues de prélèvements benthiques laissent supposer que l'espèce aurait pu passer inaperçue jusqu'à la publication de ses critères d'identifications larvaire (Tachet et al. 2010).

A l'exception de *Paduniella vandeli*, 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 en 2023 sur les deux stations prélevées. 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 la Léman lors de la campagne de juillet 2023 : *Hemimysis anomala*

3. Abondance des taxons

Sur les deux stations suivies en 2023, 6'452 individus ont été recensés (Figure 9). Les espèces exotiques dominent en termes d'abondance (80% des individus recensés) mais pas en termes de nombre de taxons (27% des taxons) (Figure 8). Ce qui signifie que peu d'espèces exotiques ont un développement important qui les font dominer la biomasse.

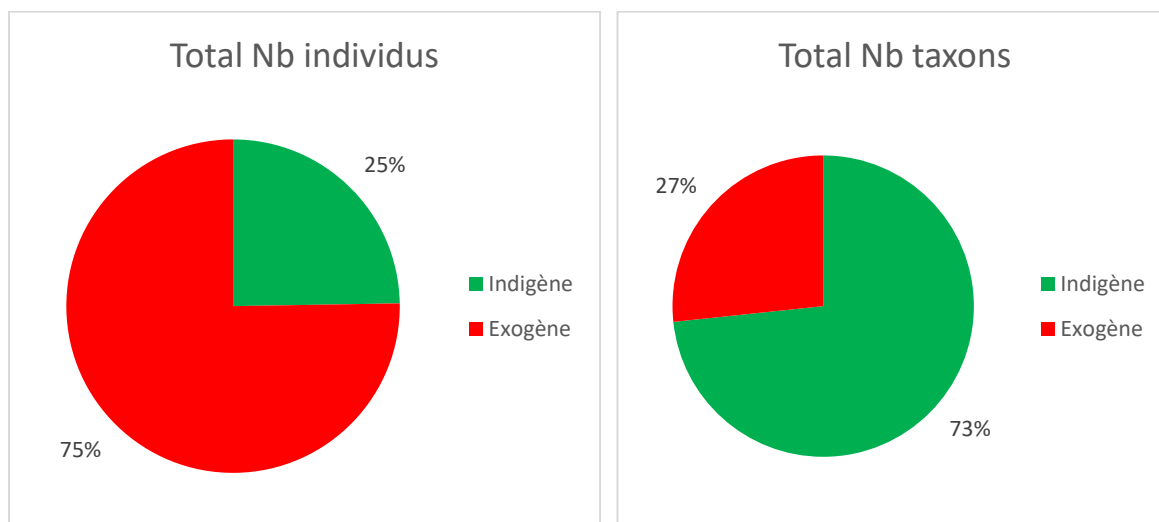


Figure 8 : Pourcentage d'individus d'espèces exotiques en comparaison aux espèces indigènes et pourcentage de taxons exotiques en comparaison aux taxons indigènes.

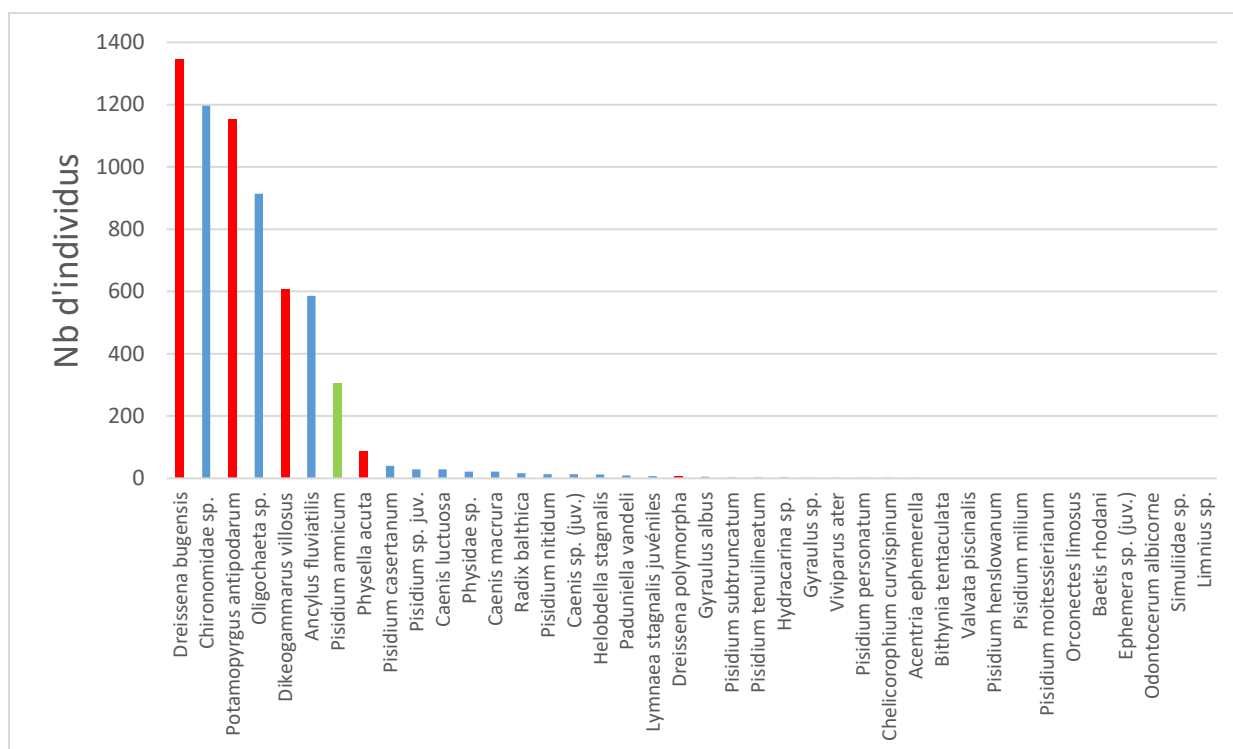


Figure 9 : Nombre d'individus total par taxon. En rouge sont les taxons exogènes, vert clair le taxon classé "potentiellement menacé" dans la Liste Rouge des mollusques.

7 taxons présentes plus de 300 individus comptés, représentant 95% de la biomasse :

- 21% de l'abondance totale est représentée par les bivalves exotiques des Moules Quagga (*Dreissena rostriformis bugensis*) avec 1'346 individus recensés ;
- 19% de l'abondance totale est représentée par les larves d'insectes Chironomidés avec 1'197 individus recensés, déterminés uniquement jusqu'au genre ;
- 18% de l'abondance totale est représentée par l'espèce de gastéropode exotique *Potamopyrgus antipodarum* avec 1'155 individus recensés ;
- 9% de l'abondance totale est représentée par le crustacé exotique *Dikerogammarus villosus* avec 606 individus recensés ;
- 9% également de l'abondance totale est représentée par le gastéropode indigène *Ancylus fluviatilis* avec 586 individus recensés ;
- 7% de l'abondance totale est représentée par l'espèce classée sur la Liste Rouge des mollusques de Suisse comme « potentiellement menacée » le bivalve *Pisidium amnicum* avec 307 individus recensés même si avec certains juvéniles la détermination à l'espèce ne peut être certaine.

Les oligochètes (914 individus, soit 14% de l'abondance totale) sont aussi très bien représentés en termes d'abondance bien que leur comptage ne soit pas toujours évident, ces individus étant fragiles et pouvant facilement se casser lors du tamisage.

4. Résultats détaillés

4.1. Résultats par profondeur

La diversité inventoriée en 2023 varie d'une station à l'autre 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 soumise aux remous ce qui limite la colonisation par les macrophytes et le macrozoobenthos.

Les profondeurs 1-3m et 3-5m présentes des macrophytes qui favorisent la richesse taxonomique et offre des habitats au macrozoobenthos.

La profondeur la plus biogène est celle de 3-5m qui présente à la fois la plus grande abondance mais également la plus grande richesse taxonomique (Figure 10).

À noter que 5 taxons sont présents à toutes les profondeurs et dans les deux stations, dont 2 espèces exotiques envahissantes :

- Oligochètes
- *Ancylus fluviatilis*
- *Potamopyrgus antipodarum* (NE)
- *Dikerogammarus villosus* (NE)
- Chironomes

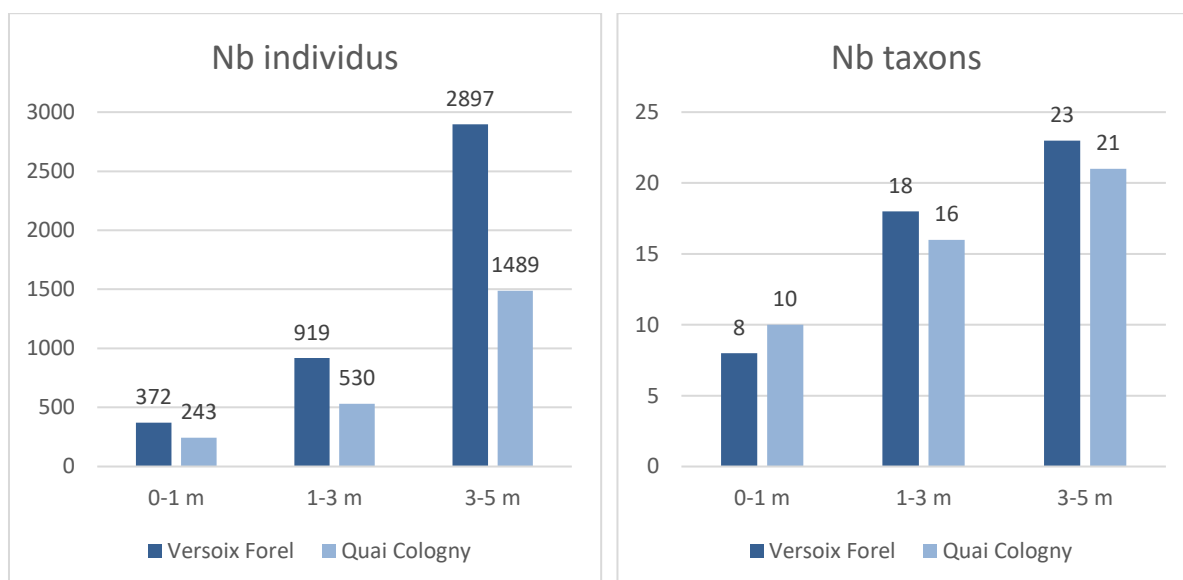


Figure 10 : Comparaison aux trois différentes profondeurs et par station, à noter que seuls 2 prélèvements sont effectués dans la zone 0-1 m alors que 3 sont effectués en 1-3m et 3-5m avec un prélèvement dans les macrophytes.

À gauche en nombre d'individus et à droite en nombre de taxons.

4.2. Résultats par station

L'abondance est quasiment doublée à Versoix-Forel (4'188 individus) en comparaison avec Quai de Cologny (2'262 individus) (Figure 11). Le nombre de taxons est également légèrement plus élevé pour Versoix-Forel (30 taxons pour Versoix-Forel et 25 pour Quai de Cologny), 15 taxons sont retrouvés dans les deux stations et les autres varient (Figure 11).

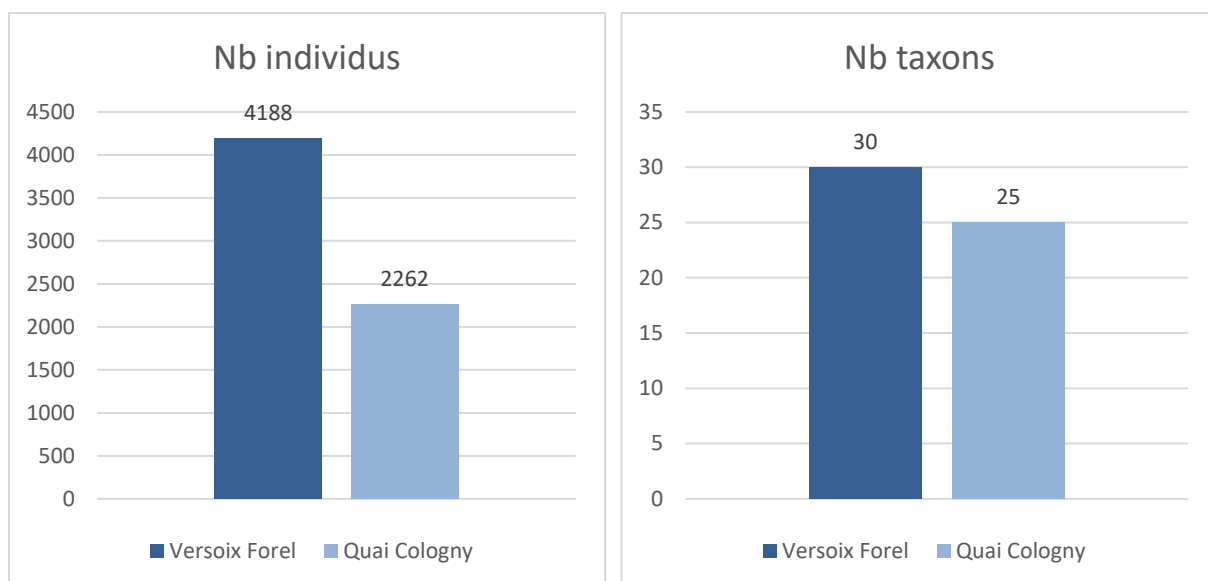


Figure 11 : Comparaison entre les stations.
À gauche en nombre d'individus et à droite en nombre de taxons.

15 taxons ont été observés uniquement à Versoix-Forel :

- *Helobdella stagnalis*
- *Lymnaea stagnalis*
- *Valvata piscinalis*
- *Pisidium amnicum*
- *Pisidium henslowanum*
- *Pisidium milium*
- *Pisidium moitessierianum*
- *Pisidium personatum*
- *Pisidium subtruncatum*
- *Pisidium tenuilineatum*
- *Baetis rhodani*
- *Caenis macrura*
- *Ephemera sp.*
- *Odontocerum albicorne*
- *Limnius sp.*

10 taxons ont été inventoriés uniquement à Quai de Cologny :

- *Bithynia tentaculata*
- *Physidae sp.*
- *Gyraulus sp.*
- *Viviparus ater*
- Hydracarina
- *Chelicorophium curvispinum*
- *Orconectes limosus*
- *Paduniella vandeli*
- Simuliidae
- *Acentria ephemerella*

La station de Versoix-Forel présente 7 des 9 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 le seul taxon de Coléoptères.

La station de Quai de Cologny présente 2 crustacés exotiques : *Chelicorophium curvispinum* et *Orconectes limosus*, ainsi que le nouveau Trichoptère exotique dans le Léman : *Paduniella vandeli*.

Elle présente la seule espèce de Lépidoptère : *Acentra ephemerella*.

4.3. 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 quasi doublée à Versoix-Forel (11'168 individus / m²) par rapport à celle du Quai de Cologny (6'032 individus / m²) (Figure 12).

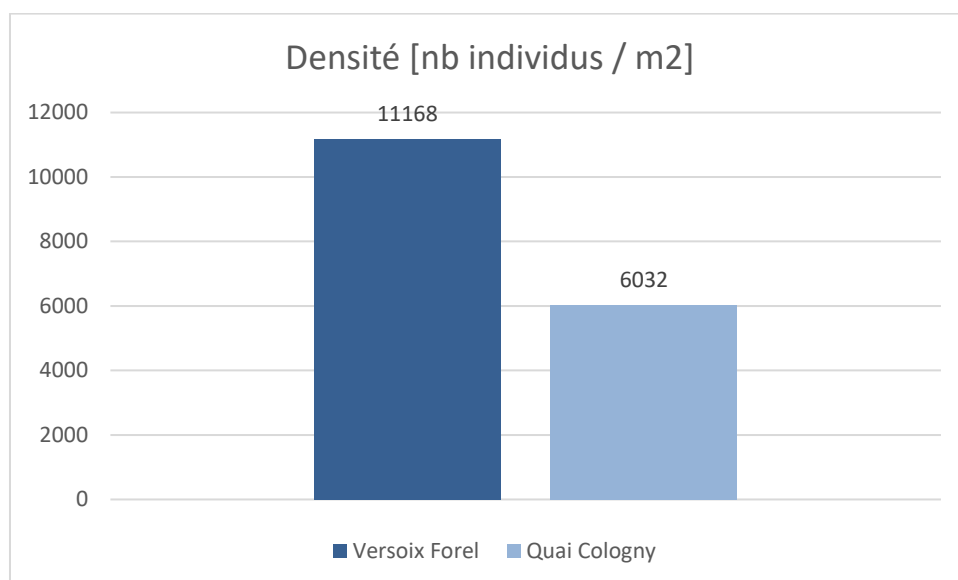


Figure 12 : Comparaison de la densité au m² entre les deux stations.

Comme indiqué dans la campagne de 2021, 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).

5. Évolution des communautés benthiques

5.1. Densité

Le présent chapitre compare les données 2023 avec les résultats des campagnes de 2017 et 2021 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 (<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 et 2021 aux mêmes stations de Versoix-Forel et Quai de Cologny (Biol'Eau 2018 et Biol'Eau 2022). Le Tableau 6 présente une liste faunistique, pour ces trois études, sur ces deux stations.

Parmi les 54 taxons observés lors de ces trois études (tous niveaux taxonomiques confondus), 40 ont été recensés en 2023 soit plus de 74%. À noter qu'en 2023, 4 nouveaux taxons d'insectes ont été recensés dans le Léman genevois, par rapport à l'historique de données : 1 espèce d'Éphémère, *Baetis rhodani*, un taxon de Diptère, Simuliidae, et deux espèces de Trichoptères, *Odontocerum albicorne* et *Paduniella vandeli*. Ce dernier a été observé pour la première fois dans le Léman. La première observation en Suisse date de 2022 dans la vallée du Rhône où des adultes avaient été capturés par piégeage lumineux (Marle et al. 2023). Cette première observation dans le Léman est confirmée par des prélèvements également du côté vaudois, à St-Prex et Buchillon, ainsi que du côté français à Chens-sur-Léman, tous en 2023.

Tableau 6 : Liste taxonomique des espèces recensées dans le Léman genevois aux stations Versoix-Forel et Quai de Cologny lors des campagnes 2017, 2021 et 2023.

		Espèces	Versoix-Forel			Quai Cologny		
			2017	2021	2023	2017	2021	2023
CNIDARIA	Hydridae	<i>Hydra sp.</i>					1	
Platyhelminthes	Dugesiidae	<i>Dugesia / Girardia sp.</i>		1				
Hirudinea	Erpobdellidae	<i>Erpobdella sp.</i>		5				
	Glossiphoniidae	<i>Helobdella stagnalis</i>		4	12	1	1	
Oligochaeta		n.d.	184	210	767	62	2	147

		Espèces	Versoix-Forel			Quai Cologny		
			2017	2021	2023	2017	2021	2023
Gastropoda	Ancylidae	<i>Ancylus fluviatilis</i>	77	73	174	91	47	412
	Bithyniidae	<i>Bithynia tentaculata</i>	4	1		1		1
	Hydrobiidae	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	290	310	453	1542	50	700
	Lymnaeidae	<i>Lymnae stagnalis</i>		1	7	1		
		<i>Radix auricularia</i>			3			
		<i>Radix balthica</i>	26	34	12	59	77	4
	Physidae	<i>Physella acuta</i>		28	35		55	53
		<i>Physidae sp.</i>						22
	Planorbidae	<i>Gyraulus sp.</i>						2
		<i>Gyraulus albus</i>	9	3	4	1	4	1
		<i>Gyraulus parvus</i>		3			35	
Valvatidae	<i>Valvata piscinalis</i>	1		1				
Viviparidae	<i>Viviparus ater</i>	1			1	2	2	
Bivalvia	Dreissenidae	<i>Dreissena polymorpha</i>	324.5	6	1	147		5
		<i>Dreissena rostriformis bugensis</i>	324.5	450	974	147	55	372
	Sphaeriidae	<i>Pisidium amnicum</i>		17	307			
		<i>Pisidium casertanum</i>	5	7	30	4		10
		<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. juvéniles</i>	32	80	28	62	10	1
	Arachnida	Hydracarina	n.d.					3
Amphipoda	Corophiidae	<i>Chelicorophium curvispinum</i>	46			3		2
	Gammaridae	<i>Dikerogammarus villosus</i>	322	133	396	123	39	210
Decapoda	Cambaridae	<i>Orconectes limosus</i>						1

		Espèces	Versoix-Forel			Quai Cologny		
			2017	2021	2023	2017	2021	2023
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis rhodani</i>			1			
	Caenidae	<i>Caenis sp.</i>			10			3
		<i>Caenis horaria</i>		1		22		
		<i>Caenis luctuosa</i>	2	16	12		2	17
		<i>Caenis macrura</i>		16	22			
Ephemeridae	<i>Ephemera sp.</i>			1				
Trichoptera	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				
		n.d.	2	1				
	Limnephilidae	<i>Potamophylax sp.</i>		1				
	Psychomyiidae	<i>Tinodes waeneri</i>				1		
		<i>Paduniella vandeli</i>						9
Odontoceridae	<i>Odontocerum albicorne</i>			1				
Diptera	Chironomidae	n.d.	225	135	924	64	16	273
	Simuliidae	n.d.						1
Lepidoptera	Crambidae	<i>Acentria ephemerella</i>	6				1	2
Coleoptera	Elmidae	<i>Limnius sp.</i>	4	6	1			

5.3. Comparaison avec les campagnes de 2017 et 2021

5.3.1. Richesse taxonomique

Pour la station Versoix-Forel, la richesse taxonomique en 2023 est de 30 taxons, un de moins qu'en 2021 (31 taxons) mais 5 de plus qu'en 2017 (25 taxons) ce qui indique une certaine stabilité de la richesse (Figure 13). La proportion de taxons exotiques est également assez stable avec 5 taxons en 2017 et 2023 et 6 en 2021.

L'année 2023 présente une plus grande richesse au niveau des espèces de Pisidium. En effet, 10 espèces sont recensées dont 2 nouvelles : *Pisidium milium* et *Pisidium moitessierianum*.

Pour la station Quai de Cologny, la richesse taxonomique en 2023 est de 25 taxons, soit la plus riche en comparaison avec 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 de taxons indigènes a augmenté, il était stable à 5 taxons en 2017 et 2021 et est passé à 8 taxons en 2023.

On peut noter l'absence de 4 espèces de Pisidium sur les 7 qui étaient présentes entre 2017 et/ou 2021.

Chez les Trichoptères Psychomyiidae, l'espèce *Tinodes waeneri* était présente avec un individu en 2017 et en 2023 ce sont 9 individus d'une nouvelle espèce exotique pour le Léman qui sont présents, *Paduniella vandeli*.

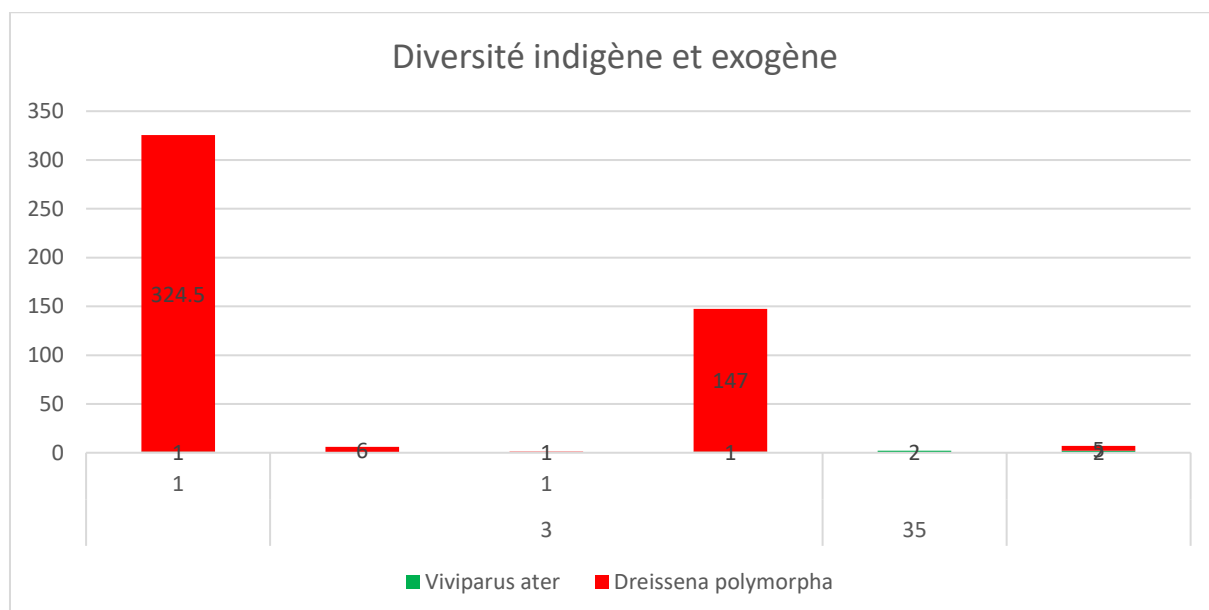


Figure 13 : Évolution de la diversité taxonomique entre les campagnes de 2017, 2021 et 2023 aux deux stations Versoix-Forel et Quai de Cologny. En rouge les taxons exogènes et en vert les taxons indigènes.

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.

L'abondance à Versoix-Forel a plus que doublé depuis 2017, de manière plus marquée pour les espèces indigènes que pour les espèces exotiques. Pour la première fois, ces dernières présentent une abondance plus importante que les espèces exotiques (6'211 pour la densité au m² d'indigènes contre 4'957 pour les exogènes) (Figure 14).

Au niveau des espèces indigènes, on peut noter l'abondance de Chironomes (924 individus), des Pisidium, notamment ce qui semble être *Pisidium amnicum* (307 individus) même si leur petite taille rend la détermination à l'espèce difficile. L'augmentation également d'*Ancylus fluviatilis* (174 individus) et des oligochètes (767 individus) même si ces derniers sont compliqués à dénombrer.

Du côté des espèces exotiques, la Moule Quagga est tout de même également en forte augmentation avec 974 individus recensés en 2023 contre 450 en 2021 et 324.5 en 2017. Le gastéropode exotique *Potamopyrgus antipodarum* est également en augmentation passant de 290 individus en 2017 à 310 en 2021 et 453 en 2023.

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 et même si les espèces exotiques sont toujours dominantes (2023 2'427 individus indigènes contre 3'605 individus exogènes), elles le sont moins qu'avant les travaux (2017 : 5231 individus exotiques contre 1'181 individus indigènes) (Figure 14).

Les taxons indigènes, *Ancylus fluviatilis* (412 individus) et les Chironomes (273 individus) sont présents en nombre, ainsi que les oligochètes (147 individus) même si ces derniers sont compliqués à dénombrer.

Toutefois, trois espèces exotiques sont largement présentes : *Potamopyrgus antipodarum* (700 individus), la Moule Quagga, *Dreissena rostriformis bugensis* (372 individus) et la Crevette-tueuse, *Dikerogammarus villosus* (210 individus).

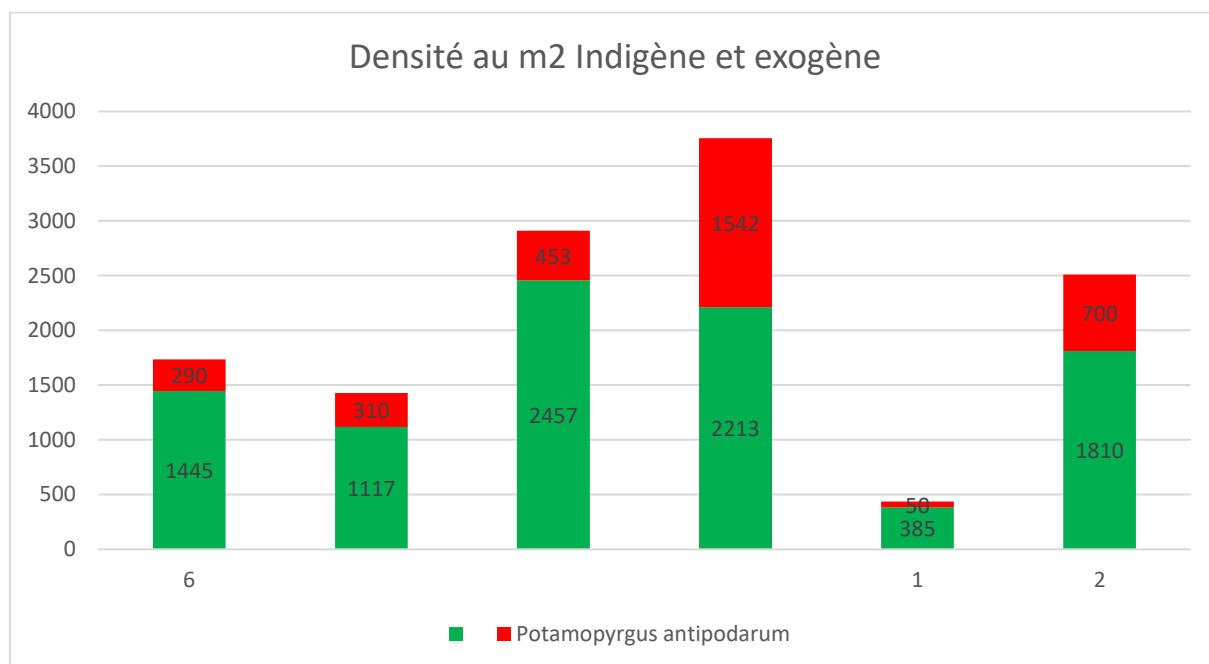


Figure 14 : Évolution de la densité au m² entre les campagnes de 2017, 2021 et 2023 aux deux stations Versoix-Forel et Quai de Coligny. En rouge les taxons exogènes et en vert les taxons indigènes.

5.4. Évolution des espèces exotiques

Comme démontré dans les campagnes de 2017 et 2021, 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 2023, sur deux stations, confirment la présence des espèces exotiques suivants dans le Léman genevois :

- Les bivalves, *Dreissena polymorpha* et *Dreissena rostriformis bugensis* ;
- 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);
- Les décapodes, *Orconectes limosus*.

Bien que non observés et/ou non déterminés en 2023 (les oligochètes n'ont été déterminés en 2023 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* ;
- L'écrevisse *Pacifastacus leniusculus* ;
- Le bivalve *Corbicula fluminea* ;
- Le gastéropode *Gyraulus parvus*.

On notera que les 3 espèces exotiques principales, *Potamopyrgus antipodarum*, *Dikerogammarus villosus* et *Dreissena rostriformis bugensis* représentent à elles seules 44% des individus à Versoix-Forel et 57% des individus au Quai de Cologny.

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 15). La Moule Quagga est le taxon le plus représenté en termes d'abondance, représentant 21% des individus totaux sur les deux stations confondues. Toutefois, malgré sa très faible proportion, la Moule zébrée est toujours présente dans la zone littorale du Léman genevois. En 2023, la colonisation 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 vaudois 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.

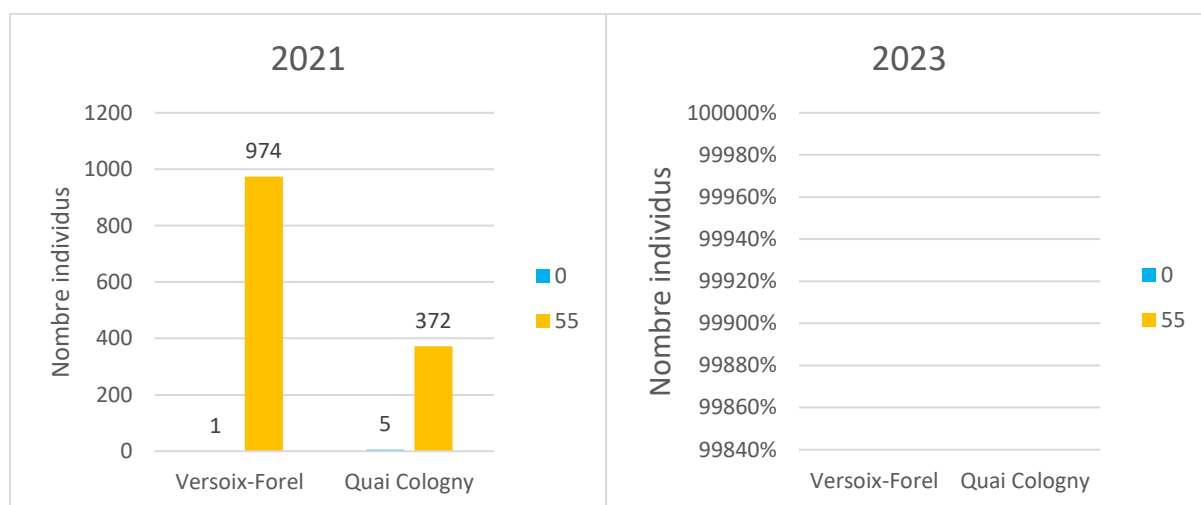


Figure 15 : Répartition par année et par station du nombre d'individus des deux moules : *D. rostriformis bugensis* et *D. polymorpha*.

Malgré une expansion très probable dans le territoire genevois, comme supposé dans l'étude de 2021, le bivalve *Corbicula fluminea* n'a pas été retrouvé dans ces deux stations.

5.4.2. Les gastéropodes

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

- *Potamopyrgus antipodarum* : À Versoix-Forel le nombre d'individus était à peu près stable entre 2017 (290 individus) et 2021 (310 individus) mais elle a légèrement augmenté en 2023 (453 individus). Au Quai de Cologny, elle était deux fois plus élevée en 2017 (1'542 individus) qu'en 2023 (700 individus). Lors de la campagne de 2021, cette espèce était le taxon le plus abondant pour l'ensemble des stations étudiées.
- *Physella acuta* : cette espèce n'était pas présente sur ces deux stations en 2017 mais a fait son apparition en 2021. Toutefois, le nombre d'individus est encore faible et stable en 2023 avec 35 individus à Versoix-Forel en 2023 contre 28 individus en 2021 et 53 individus à Quai de Cologny en 2023 contre 55 individus en 2021.
- *Gyraulus parvus* : cette espèce, peu abondante en 2017 et 2021 n'est pas présente sur les deux stations en 2023.

5.4.3. Les crustacés

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

- *Dikerogammarus villosus* : L'abondance de cette espèce semble relativement stable puisqu'elle représente environ 9% de l'abondance totale sur chacune des stations.
- *Chelicorophium curvispinum* : Cette espèce était présente à Versoix-Forel en 2017 mais n'a plus été recensée depuis. Au Quai de Cologny, 3 individus avaient été recensés en 2017 puis plus en 2021 et à nouveau 2 individus en 2023.

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 à 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 2023 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 pourra être effectuée.

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

La campagne du 17 juillet 2023 aux stations de Versoix-Forel et Quai de Cologny a permis de recenser plus de 6'000 individus. 40 taxons ont été identifiés dont 30 pour Versoix-Forel et 25 pour Quai de Cologny.

On observe un fort gradient au niveau des profondeurs : la zone la moins profonde (0-1m) est soumise aux mouvements des vagues qui empêchent 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 où les macrophytes sont bien présents, offrant un habitat fondamental pour la petite faune aquatique. Ce constat prouve que les rives artificielles ne permettent vraisemblablement pas une colonisation naturelle et graduelle du littoral.

La classe dominante est les mollusques avec 23 taxons : 11 de gastéropodes et 12 de bivalves. Les insectes sont également bien diversifiés avec 11 taxons mais peu d'individus.

Les 6 taxons les plus abondants en nombre d'individus recensés sont :

- 1) *Dreissena rostriformis bugensis*, le bivalve exotique appelé communément la Moule Quagga
- 2) Les Chironomes, ces larves d'insectes (Diptères) déterminées uniquement à la famille
- 3) *Potamopyrgus antipodarum*, le gastéropode exotique
- 4) *Dikerogammarus villosus*, le crustacé exotique appelé Crevette-tueuse
- 5) *Ancylus fluviatilis*, un gastéropode indigène
- 6) *Pisidium amnicum*, un bivalve indigène et classé "potentiellement menacé" sur la Liste Rouge suisse des mollusques

Les oligochètes sont également présents en nombre, bien que leur comptage ne soit pas toujours aisé.

Parmi les espèces menacées, 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 et sa présence est maintenant confirmée.

Une nouvelle espèce exotique est également présente dans le Léman, le Trichoptère de la famille des Psychomyiidae, *Paduniella vandeli*, recensé au Quai de Cologny. Cette espèce avait été observée pour la première fois en Suisse dans la vallée du Rhône en 2022. L'observation sous forme larvaire dans le littoral genevois est confirmée par des relevés dans le Canton de Vaud et en France, également durant l'année 2023.

Pour la première fois, comparativement aux campagnes de 2017 et 2021, l'abondance des taxons indigènes à Versoix-Forel est plus importante que celle des taxons exotiques (1'859 individus exogènes contre 2'329 individus indigènes). L'abondance est également deux fois plus élevée qu'en 2017. Cette belle richesse 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.

La densité au m² est deux fois plus basse au Quai de Cologny (11'168 individus à Versoix-Forel et 6'032 individus au Quai de Cologny). Toutefois, cette abondance est en nette réaugmentation, les travaux d'aménagements de la roselière avaient vraisemblablement perturbé le milieu avec l'observation d'une chute de l'abondance en 2017 à 1'104 individus. En 2023, l'abondance n'est pas encore aussi importante qu'avant les travaux, mais le nombre de taxon est légèrement supérieur (24 taxons en 2017 et 25 en 2023).

On dénombre huit espèces exotiques : *Potamopyrgus antipodarum*, *Physella acuta*, *Dreissena rostriformis bugensis*, *Dreissena polymorpha*, *Dikerogammarus villosus*, *Chelicorophium curvispinum*, *Orconectes limosus* et le nouveau Trichoptère exotique *Paduniella vandeli* ainsi que l'espèce pélagique *Hemimysis anomala*, non comptée dans cette étude.

Ces espèces se sont bien acclimatées au Léman et se développent de manière importante, représentant la majorité de l'abondance des espèces recensées.

Particulièrement, la Moule Quagga, *Dreissena rostriformis bugensis*, a encore fortement augmenté et, 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). Malgré sa large diminution, la Moule zébrée, *Dreissena polymorpha*, est toujours présente.

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 du gammare du Danube (*Dikerogammarus villosus*), de la palourde asiatique (*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 (non observé en 2023), de l'aselle (non observée en 2023) 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).

1. Perspectives

1.1. Au niveau genevois

Ce suivi a été mis en place à la suite de la dernière étude complète de 2021. Comme recommandé dans cette étude, il a eu lieu sur deux stations représentatives des rives genevoises du Léman, placées sur les deux rives genevoises 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 et 2021 afin de pouvoir comparer ces différentes études. Toutefois, s'agissant de la première année de mise en place, une seule campagne de prélèvements a été effectuée en juillet 2023.

Par la suite, deux campagnes de prélèvements auront lieu : en hiver (février-mars) et en été (mi-juin, mi-septembre). En effet, certaines espèces d'insectes (Éphémères, Trichoptères notamment) ont un cycle de vie caractérisé par une émergence de larves aquatiques au cours du printemps et de l'été suivie d'une vie adulte aérienne. Le début du printemps, époque qui précède l'émergence des larves, est favorable à un inventaire de ces organismes. Pour d'autres groupes (comme par exemple les mollusques, les Coléoptères, les Hétéroptères) la période estivale est plus propice à leur développement et donc aux prélèvements et à leur identification.

Dès 2024, ces suivis auront lieu deux fois par année afin de pouvoir maximiser la représentation de chaque taxon présent dans la zone littorale.

Ce monitoring nous permettra 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 et qui colonisent rapidement tous les plans d'eau de Suisse.

Parallèlement à d'éventuelles mesures de luttés contre ces espèces exotiques, la limitation de la propagation à d'autres plans d'eau préservés est également fondamentale. Pour ce faire, une large communication auprès des navigateur-rices ainsi que d'éventuelles obligations de nettoyage des bateaux provenant d'autres plans d'eaux pourraient être envisagés, comme c'est déjà le cas en Suisse centrale.

Par ailleurs, cette étude montre à nouveau que des rives naturelles sont plus résilientes et riche en biodiversité. Ainsi, il est important de renaturer les rives lacustres afin de favoriser la biodiversité. Les grèves naturelles sont propices au développement des macrophytes et à la colonisation du macrozoobenthos, il est donc important de favoriser ce type d'habitat lors 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, rééquilibrages 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 2023 en n'effectuant qu'un seul prélèvement estival.

Thonon-Agglomération n'a pas réussi à mettre en place ce suivi pour 2023 mais le démarrera en 2024.

Dès 2024, ces suivis auront lieu annuellement, avec prélèvements entre mi-juin et mi-septembre, avec la même méthodologie et un rapport de synthèse au niveau lémanique sera rédigé par des mandataires de la CIPEL.

1.3. Comparaison avec d'autres lacs

Il serait intéressant et important, 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, comme c'est le cas pour les cours d'eau. Cela permettrait également 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 de pouvoir 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.

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

VII. ANNEXES

Annexe A : Carte des stations

Annexe B : Listes faunistiques

