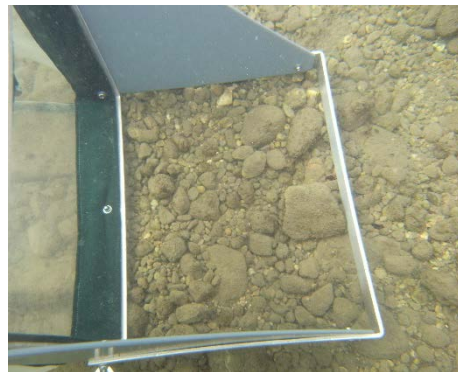


Macroinvertébrés benthiques des Rives genevoises du Léman

Investigations 2017



Photographies de la page titre :

Dikerogammarus villosus
2016 - © Yves Perrier

Prélèvement à l'aide du filet Surber
28.08.2017 - © Pascal Mulattieri

Potamopyrgus antipodarum
15.10.2017 - © Pascal Mulattieri

Proposition bibliographique :

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

Remerciements :

Nous tenons à remercier chaleureusement les personnes qui nous ont aidés à la bonne réalisation de cette étude :

- Christian Solterer pour la préparation du matériel, le positionnement géographique ainsi que le pilotage du bateau ;
- Les collaborateurs du centre Ecotox : R. Vivien et B. Ferrari, pour leur contribution sur les Oligochètes ;
- Pascal Stucki pour son aide dans les vérifications des mollusques et pour ses déterminations ;
- Loïc Pillet pour la vérification génétique des moules.


Date	5 mars 2018	Visa Pascal Mulattieri 
Élaboration	Pascal Mulattieri	
Collaboration IOBL	Régis Vivien (Centre Ecotox) Benoit Ferrari (Centre Ecotox)	
Collaboration Macrozoobenthos	Pascal Stucki (Aquabug)	
Distribution	DGEau (SECOE)	

Table des matières

1. Introduction	4
1.1 Contexte de l'étude	4
1.2 Le macrozoobenthos – généralités.....	5
2. Périmètre de l'étude	7
2.1 Faune benthique riveraine.....	7
2.2 Complément projet GLA.....	8
3. Méthodologie	9
3.1 Evaluation des milieux littoraux lacustres à l'aide du macrozoobenthos	9
3.2 Complément GLA - Indice Oligochète	13
4. Résultats	15
4.1 Stations et substrats.....	15
4.2 Communauté benthique	18
4.3 Résultats par station d'étude	25
4.4 Complément GLA – IOBL.....	28
5. Evolution des communautés benthiques	31
5.2 Evolution de la richesse taxonomique	32
5.3 Comparaison avec l'étude de 2013	37
5.4 Comparaison avec l'étude de 2006	38
5.5 Evolution des néozoaires	40
6. Qualité écologique	41
7. Conclusions	43
8. Perspectives	44
9. Bibliographie	45
10. Annexes	46

1. Introduction

1.1 Contexte de l'étude

La zone littorale lacustre abrite des milieux biologiquement très riches et joue un rôle essentiel dans l'équilibre des systèmes lacustres. Ces milieux sont également parmi les plus sensibles, du fait de leur utilisation pour satisfaire les besoins humains (p. ex. tourisme, loisir, zones bâties, installations). Le Service de l'écologie de l'eau du canton de Genève (SECOE) reçoit à ce sujet de nombreuses demandes quant à des modifications de rives (p. ex. projet de plage, revitalisation, agrandissement de port).

Le SECOE a souhaité réaliser une étude, en 2017, sur les communautés benthiques présentes dans la zone littorale genevoise du Léman, afin de disposer d'un état de référence permettant d'évaluer notamment l'impact des projets, de juger de l'état écologique du lac et de faire un point de situation quant aux espèces allochtones (invasives ou néozoaires) présentes.

Selon la LEaux, les cantons doivent disposer d'une analyse détaillée de l'état des eaux dans le cadre de projets de revitalisation (art. 57 et 58 LEaux). Pour analyser et apprécier les cours d'eau, l'OFEV met à disposition des modules méthodologiques dans le cadre du Système Modulaire Gradué (SMG, 2012). Malheureusement pour les plans d'eau, une telle approche harmonisée fait aujourd'hui largement défaut. Toutefois, l'OFEV a publié en 2013 un « *Guide pour l'élaboration des modules d'appréciation des lacs en Suisse* ». L'évaluation de l'état écologique des eaux ou de la « naturalité du lac », sera à l'avenir basée sur les différents modules présentés dans ce guide, mais ils ne sont pas encore développés. Un module sera vraisemblablement consacré à l'étude de la biocénose macrozoobenthique. La méthode appliquée dans cette étude est basée sur les substrats/habitats présents et a déjà été utilisée par le passé sur le littoral genevois.

Le présent document constitue le rapport final des analyses 2017 sur le macrozoobenthos. Il tire un bilan général sur la composition des communautés benthiques riveraines dans les limites des méthodes et compare les données actuelles avec les données historiques.

Le programme de travail a permis de réaliser des relevés de macroinvertébrés pour 10 stations situées sur les rives genevoises du Léman entre 0 et 3 mètres de profondeur, auxquelles s'ajoutent les données d'une station plus profonde (-10 mètres) à l'emplacement potentiel du futur rejet des eaux de refroidissement du projet de géothermie Genève Lac Aéroport (GLA).

Le bureau Biol'Eau a été mandaté le 21 juin 2017 pour réaliser l'étude sur les macroinvertébrés benthiques des rives genevoises du Léman et le 28 août 2017 pour le volet complémentaire dans le cadre du projet GLA.

1.2 Le macrozoobenthos – généralités

Les macroinvertébrés ou macrozoobenthos comprennent des groupes tels que les insectes (éphémères, plécoptères, trichoptères, diptères, coléoptères, mégaloptères et odonates), mollusques, crustacés, sangsues, et vers (Tachet et al., 2003). Certains vivent de façon permanente dans le milieu aquatique (p. ex. vers, sangsues et mollusques), d'autres seulement de manière temporaire (stade larvaire des insectes). Le macrozoobenthos regroupe les organismes vivant sur le fond ou à l'intérieur des sédiments, il comprend également les communautés attachées ou associées au fond du lac. Ces organismes se caractérisent notamment par leur activité au niveau du substrat:

- La faune endobenthique, organismes fousseurs dont l'activité se manifeste en dessous de l'interface eau-sédiment ;
- La faune épibenthique, proche de l'interface eau-sédiment ;
- La faune sub-benthique, vivant au contact des sédiments sans réelles interactions.

Les organismes benthiques jouent un rôle crucial dans la chaîne trophique en fournissant avec le plancton les premiers nutriments pour de nombreuses espèces de poissons, d'amphibiens et d'oiseaux. De plus, ils participent au recyclage de la matière organique par la dégradation des végétaux.

De nombreux facteurs influencent la répartition, la diversité et la densité des organismes benthiques:

- Qualité des eaux ;
- Nourriture ;
- Nature du substrat et des habitats ;
- Lumière ;
- Fluctuations du niveau et mouvements d'eau (vagues, courants) ;
- Variations de température ;
- Saison.

La composition et la structure des communautés benthiques varient selon un gradient de la zone littorale à la zone profonde. De plus, une zonation verticale existe dans le sédiment (stratigraphie) conditionnée par l'écoéthologie des espèces concernées. La majorité de la biodiversité se retrouve dans les 15 premiers centimètres des sédiments.

La zone littorale des lacs constitue le milieu lacustre présentant le plus de diversité et d'abondance de ces organismes. Cette zone offre en effet une grande quantité de microhabitats :

- Herbiers de végétation aquatique saisonniers ou annuels,
- Sédiments hétérogènes,
- Diversité de courants.

Les communautés dans le lac Léman

Les communautés lacustres sont généralement dominées par 3 groupes faunistiques : les larves d'insectes (diptères), les vers (Oligochètes) et les mollusques. Leur grande diversité est à relier à la très grande hétérogénéité spatio-temporelle des habitats, à l'écomorphologie des rives, aux conditions de lumière, température et oxygénation de l'eau (Lods-Crozet & al., 2013).

Parmi les groupes taxonomiques peuplant le Léman genevois, certaines espèces n'ont pas leur origine dans le Léman et ont été importées par l'action de l'homme. En effet, le mécanisme de colonisation des milieux aquatiques est à mettre en relation essentiellement avec l'activité humaine par l'interconnexion des hydrosystèmes aquatiques (canal du Danube au Rhin) mais aussi par la construction de bassins de rétention, le transport par bateaux (coque, moteur, ballast) et également avec le transport accidentel par les oiseaux d'eau, par l'aquaculture, etc... (Lods-Crozet & al., 2013).

Les espèces de macroinvertébrés aquatiques non-indigènes présentent une faible diversité, en effet deux groupes représentent à eux seuls 80 % des espèces exogènes d'eau douce :

- Les mollusques ;
- Les crustacés.

Les caractéristiques biologiques et écologiques de ces espèces exogènes ont généralement (Lods-Crozet & al., 2013) :

- Un nombre de générations annuelles élevé ;
- Une maturité sexuelle précoce ;
- De grandes capacités de reproduction et résistance (p. ex. œufs de durée) ;
- Une large répartition dans le milieu d'origine ;
- Une grande taille ou un régime alimentaire opportuniste.

Citons notamment quelques espèces très représentées dans le Léman genevois et d'origine étrangère: les moules zébrées (du genre *Dreissena*), un amphipode (*Dikerogammarus villosus*) et un gastéropode prosobranche (*Potamopyrgus antipodarum*) (Figure 1).

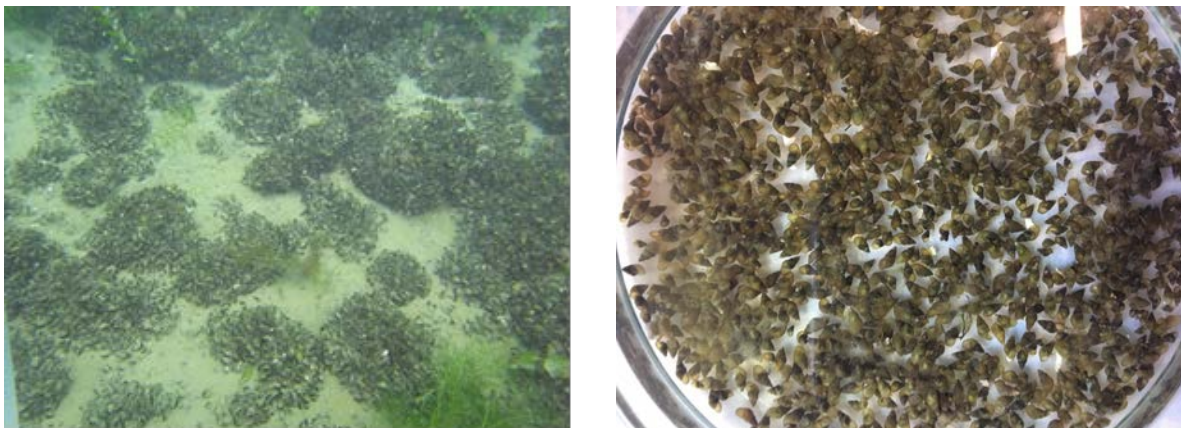


Figure 1 : Moules du genre *Dreissena* recouvrant les substrats durs à gauche et individus de *Potamopyrgus antipodarum* à droite.

2. Périmètre de l'étude

Le périmètre de l'étude comprend l'entier du Léman genevois, incluant Céligny.

2.1 Faune benthique riveraine

Les études sur les invertébrés benthiques étant très coûteuses, et d'entente avec le SECOE (Mme A. Cordonier), une sélection de **10 stations d'étude riveraine** a été réalisée sur la base (Tableau 1 et annexe A):

- Discussion entre le SECOE et le Service du lac, de la renaturation des cours d'eau et de la pêche ;
- Travaux antérieurs sur le macrozoobenthos dont notamment:
 - Université de Genève, 2013 : Flore et faune aquatique de la Grande Rade de Genève. Impact potentiel du projet de plage publique des Eaux-vives et de l'agrandissement du port de la Nautique ;
 - Mulattieri P., 2006 : Etude de l'impact des aménagements riverains sur les macroinvertébrés benthiques des rives genevoises du Léman.
- Répartition homogène entre les 2 rives (5 stations par rive).

Tableau 1 : Liste des stations étudiées en 2017.

N° de station	Nom de la station	Nom de la station correspondante de l'étude réalisée en 2006 (si disponible)
1	Céligny	SP
2	Versoix - Forel	-
3	Bellevue - Port Gitana	152
4	Vengeron	-
5	Perle du lac	-
6	Hermance	2
7	Nant d'Aisy	59
8	Bellerive	A2
9	Pointe à la Bise - Camping	ZISP
10	Quai de Cologny	PL

2.2 Complément projet GLA

Un secteur d'étude complémentaire en rive droite fait également l'objet du présent mandat.

Ce relevé doit représenter un état initial avant les travaux pour le futur rejet sous-lacustre du projet thermique Genève Lac Aéroport (GLA). Il se situe donc sur l'emplacement potentiel de la fin de la conduite de rejet du futur projet, soit au large du Vengeron à une profondeur d'environ -10 mètres (Figure 2). Cette station n'a jamais été étudiée auparavant.

En raison de la profondeur plus importante de la station à étudier, la méthodologie prévue pour l'étude principale du macrozoobenthos des rives genevoises n'est pas utilisable. Une évaluation basée sur les communautés d'Oligochètes a été réalisée, puisque les communautés benthiques des sédiments profonds sont essentiellement composées d'Oligochètes et de Chironomidés (voir Chapitre 3.2).



Figure 2 : Emplacement potentiel du futur rejet des eaux de refroidissement du projet de géothermie GLA (STAP Vengeron selon état au 10/08/2017).

3. Méthodologie

3.1 Evaluation des milieux littoraux lacustres à l'aide du macrozoobenthos

Les macroinvertébrés sont utilisés, depuis longtemps, pour l'évaluation de la qualité des écosystèmes aquatiques, car ils sont sensibles aux perturbations d'origine anthropiques telles que : rejets d'eaux usées, aménagements riverains, etc. Ils sont ainsi reconnus pour être de très bons indicateurs de l'intégrité des écosystèmes aquatiques, puisqu'ils possèdent de nombreux avantages comme par exemple :

- Ubiquistes ;
- Grande diversité de formes taxonomiques et fonctionnelles ;
- Rôle clé dans la chaîne trophique ;
- Diversité dans les cycles de vie ;
- Stade larvaire en général assez long (quelques mois à 3 ans) ;
- Peu mobiles pour la plupart des groupes ;
- Tolérance variable aux polluants et aux perturbations du milieu.

Parmi les méthodes existantes en milieu lacustre, la plupart sont focalisées sur l'évaluation de l'état trophique du milieu en utilisant les larves d'insectes (Chironomidés), les vers Oligochètes, et/ou les mollusques bivalves (Sphaeriidae), qui ont tous l'avantage d'être présents jusque dans les zones profondes. Parmi les outils les plus utilisés se trouvent :

- « Indice Oligochètes de bioindication Lacustre » (IOBL), basé sur la diversité et la densité des espèces d'Oligochètes (AFNOR, 2016) ;
- « Indice de Qualité Benthique Chironomidés » (IQBC), élaboré par Wiederholm (1980b), et adapté aux lacs européens profonds. Il prend en compte le nombre d'individus de chaque groupe d'espèces indicatrices sur le nombre total d'individus des espèces indicatrices ;
- « Indice mollusque » (IMOL) est quant à lui basé sur la présence et l'abondance des genres de mollusques dans les sédiments, ainsi que sur leur répartition bathymétrique (Mouthon, 1993).

Comme ces méthodes se basent spécifiquement sur un seul groupe d'organismes, elles ne sont pas systématiquement utilisées car :

- Les déterminations à l'espèce de ces groupes sont généralement complexes et coûteuses ;
- L'approche ciblée par groupe d'organisme ne permet qu'une évaluation partielle du milieu aquatique ;
- Ces études ne portent que sur les sédiments fins des profondeurs et non sur les communautés benthiques littorales (zones peu profondes).

Aucune méthode suisse d'échantillonnage du macrozoobenthos littoral n'est actuellement disponible pour les plans d'eau. Différentes méthodes de prélèvements de macrofaune benthique sont alors utilisées en fonction des objectifs de chaque étude et des régions.

Une trentaine d'études sur le Léman genevois (Petit-Lac) entre 1973 et 2010 ont été recensées dans l'étude de 2013 de l'Université de Genève (Lachavanne & al., 2013). Les approches méthodologiques et analytiques adoptées dans ces différentes études répondent généralement à une demande ciblée ou à une question de recherche fondamentale ou appliquée. De grandes différences sont à noter dans :

- La méthodologie de prélèvement (matériel) ;
- La localisation (profondeur, substrat) ;
- La stratégie quantitative (nombre d'échantillons) ;

- La stratégie temporelle (dates de prélèvements) ;
- L'expression des données (richesse, nombre d'individus, densités, biomasses) ;
- Le niveau taxonomique retenu.

Suite à une séance avec le SECOE (Mme A. Cordonier) le 2 juin 2017, il a été décidé d'utiliser une méthode simple et reproductible basée sur les types de substrats et habitats présents dans le périmètre du projet ou dans le lac Léman.

La méthode de prélèvement choisie est similaire à celle utilisée dans l'étude de P. Mulattieri de 2006 et les résultats sont en partie comparables avec l'étude de l'Université de Genève réalisée en 2013 :

« Les relevés faunistiques sont effectués à l'aide d'un filet Surber (de 25*25cm) modifié et d'une pelle (de 5*15cm) afin de prélever des sédiments en plongée avec un scaphandre autonome (Figure 3). Une fois le cadre du filet posé, trois pelletées (env. 30 secondes) sont entraînées dans le filet en provoquant un courant et les macroinvertébrés présents à la surface ou dans les sédiments sont ainsi capturés » (Mulattieri, 2006).



Figure 3: Prélèvement subaquatique à l'aide d'un filet Surber modifié et d'une pelle (photo M. Bernard).

Comme pour les indices biologiques (IBCH ou IBGN) en rivière, la méthode retenue pour l'évaluation de la qualité du milieu est fondée sur l'analyse du peuplement de macroinvertébrés benthiques, inféodés au substrat (endobenthiques, épibenthiques et sub-benthiques). Cette méthode tient compte de la grande hétérogénéité structurelle du fond du lac, traduite en une grande variété de substrats, tels que fond sableux, galets, blocs, vase, plantes aquatiques et craie lacustre.

Comme les invertébrés benthiques présentent une adaptation très spécifique et ne colonisent que les habitats dont les conditions leur sont favorables, la diversité des substrats influence ainsi fortement la composition en organismes des échantillons prélevés. Il est dès lors important de faire des prélèvements méthodiquement dans différents substrats à forte capacité biogène.

Les figures suivantes présentent schématiquement la répartition des substrats et l'emplacement des différents prélèvements qui constituent un même échantillon (Figure 4 & Figure 5).

Au minimum six échantillons (N° 1 à 6) et au maximum huit sont prélevés dans le substrat (Figure 5) :

- Deux entre 0 et -1 mètre de profondeur, dans le secteur soumis au plus fortes contraintes mécaniques, généralement dominé par les sédiments minéraux de grandes tailles (> 25 mm) ;
- Deux entre -1 et -3 mètres de profondeur, dans des substrats mixtes (sédiments minéraux de grandes tailles, granulats grossiers, sable) ;
- Deux à -3 mètres de profondeur, dans des substrats dominés par les fines (sable, vase, craie lacustre) ;
- En cas de présence de macrophytes, deux échantillons supplémentaires sont récoltés (N° 7 & 8).

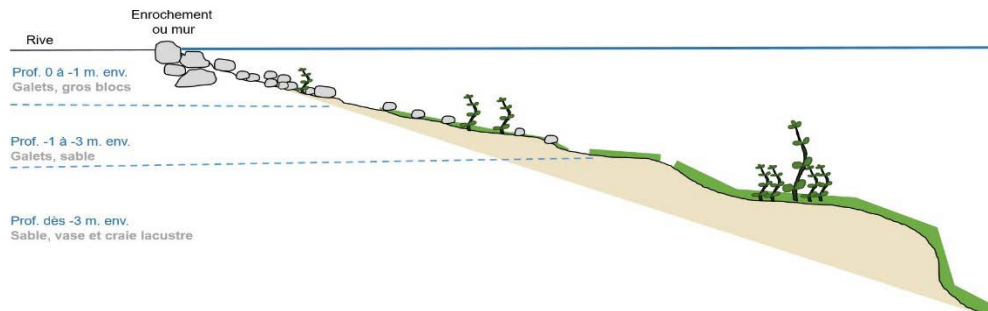


Figure 4: Représentation grossière des substrats présents sur les rives genevoises du Léman.

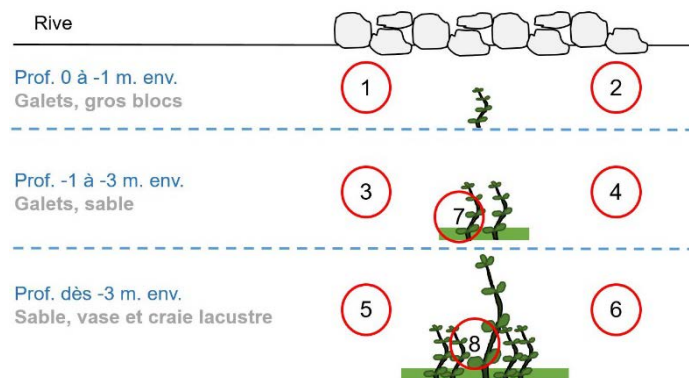


Figure 5: Schéma du plan d'échantillonnage par station composé de 6 ou de 8 prélèvements.

A l'issue de chaque prélèvement, le filet est remonté à la surface. 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 en vérifiant visuellement la présence d'invertébrés.

L'échantillon passe alors, sur le bateau (ou sur la rive), par une phase de préparation et de conditionnement en vue de sa fixation à l'éthanol >80 % dans un récipient de conservation à ramener pour un traitement au laboratoire :

- L'échantillon est versé dans un bac (ou seau), précédemment rempli de quelques centimètres d'eau claire et laissé quelques minutes au repos. 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 prélèvements (6 ou 8) sont ensuite tamisés à l'aide d'un tamis à mailles de 500 µm. Cette étape permet de séparer le matériel minéral (sable, gravier) du matériel organique par plusieurs décantations successives. Le procédé est plus ou

moins similaire à celui utilisé par les orpailleurs, en remplissant le bac à moitié d'eau et en l'agitant plusieurs fois délicatement. 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 le tamis. 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.
- Enfin, seuls les 6 prélèvements d'une même station (N°1 à 6) sont versés ensemble dans un même récipient. Un deuxième récipient réunit, le cas échéant, les 2 prélèvements supplémentaires sur macrophytes qui seront traités séparément.
- Tous les récipients utilisés sont étiquetés immédiatement au moyen d'étiquettes normées et préalablement préparées. Elles sont placées directement dans les tubes et les seaux utilisés.

Lors des prélèvements subaquatiques, le plongeur est équipé d'un appareil photo lui permettant d'illustrer les différentes stations.

Afin de compléter les données répertoriées par le plongeur, le responsable de surface relève depuis le bateau :

- La température de l'eau ;
- Autres informations importantes comme par exemple :
 - Présence d'un tuyau suspect, de produit ou d'odeur suspecte ;
 - Autres signes de rejet anthropique.

Au laboratoire, chacun des échantillons est trié d'une manière exhaustive avec une loupe binoculaire. La faune est identifiée jusqu'à la famille ou au genre / espèce, à l'aide de clés de détermination. Selon les groupes taxonomiques, différents niveaux de détermination sont appliqués (Tableau 2). Une détermination à l'espèce des 2 ordres d'insectes éphémères et trichoptères (E & T), ainsi que pour les mollusques de la famille des Sphaeridae, a été réalisée par l'équipe du bureau Aquabug (P. Stucki & A. Wagner).

Tableau 2 : Groupe taxonomique et niveaux de détermination.

Groupe taxonomique	Niveau de détermination
Bivalvia	Espèce
Coleoptera	Famille / Genre
Crustacea	Genre / Espèce
Diptera	Famille / Genre / Espèce
Ephemeroptera	Genre / Espèce
Gastropoda	Genre / Espèce
Hirudinea	Genre / Espèce
Acarina	Sous-classe
Lepidoptera	Genre / Espèce
Oligochaeta	Classe
Trichoptera	Famille / Genre / Espèce
Turbellaria	Genre / Espèce

Les prélèvements des 10 stations ont été réalisés le 28 août 2017 par temps sec.

3.2 Complément GLA - Indice Oligochète

En raison de la profondeur plus importante (env. -10 mètres) de la station à étudier et de l'objectif du prélèvement, la méthodologie prévue pour l'étude principale du macrozoobenthos des rives genevoises n'a pas été utilisée pour le secteur complémentaire GLA.

Une évaluation standardisée de la qualité des sédiments est nécessaire pour les comparaisons futures, de ce fait la méthode « Indice Oligochète de Bioindication Lacustre » (IOBL) a été utilisée.

L'échantillonnage subaquatique a été réalisé le 4 septembre 2017, selon les recommandations de la Norme française NF T 90-393 (2016).

La station d'étude a été échantillonnée, à 3 endroits différents espacés de 5 mètres, à l'aide de carottiers à main (4-5 carottes sédimentaires au total par point de prélèvement, *Figure 6*, à droite).

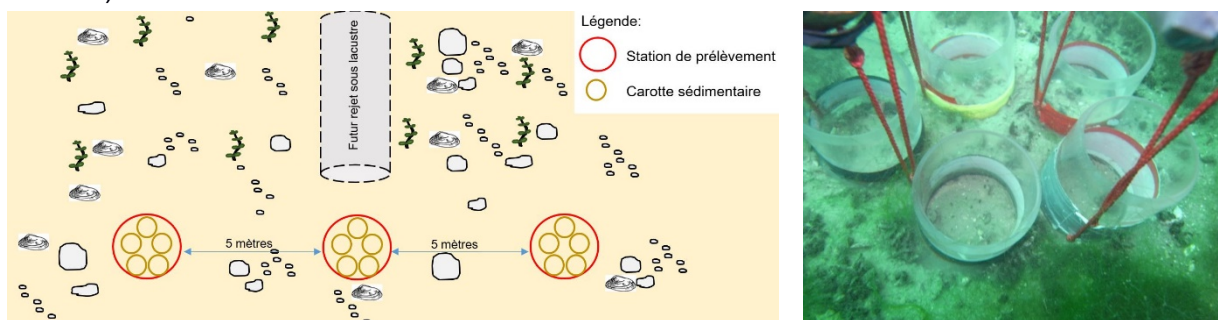


Figure 6: Schéma de l'emplacement des prélèvements (à gauche) et photographies des cinq carottes sédimentaires sur un même point de prélèvement (à droite).

Une fois remontés sur le bateau, les sédiments ont été fixés au formol tamponné pH neutre à 18-20 % pour une concentration finale d'environ 4% (*Figure 7*).



Figure 7: Préparation des échantillons sur le bateau (photographie: A. Cordonier).

Au laboratoire, le tamisage des sédiments a été effectué au moyen d'un tamis de vide de maille de 0,5 mm. Le refus du tamis a été transféré dans une cuve de sous-échantillonnage compartimentée en 25 cases carrées de surface égale. Le contenu de cases choisies au hasard a été transféré dans une boîte de Pétri et examiné avec une loupe binoculaire. Des cases successives ont été examinées jusqu'à l'obtention d'un total de 100 spécimens identifiables. Les Oligochètes ont été montés entre lame et lamelle dans une solution d'enrobage permanente composée d'acide lactique, de glycérol et d'alcool polyvinylique

(mowiol 4-88). Ils ont ensuite été identifiés par microscopie optique à l'espèce si possible ou au genre ou à la famille / sous-famille par R. Vivien (centre Ecotox), des vérifications ont aussi été effectuées par M. Lafont. Le détail de la méthode est présenté dans le rapport du Centre Ecotox en annexe B.

Les peuplements d'Oligochètes ont été analysés en déterminant divers indicateurs :

- L'indice de bioindication des sédiments lacustres IOBL ;
- Les pourcentages des espèces indicatrices et en particulier le pourcentage des espèces sensibles aux pollutions organiques et toxiques.

En complément, les Chironomidés et les Gammaridés présents dans cet échantillon ont été déterminés par le Dr. B. Lodz-Crozet (SESA, canton de Vaud).

Tableau 3 : Grille d'interprétation des espèces sensibles d'Oligochètes avec code de couleur.

% espèce sensible	> 50%	21-50 %	11-20%	6-10%	≤5%
Qualité des sédiments	Très bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvaise

4. Résultats

4.1 Stations et substrats

L'emplacement des dix stations est détaillé au chapitre 2 et en annexe A.

L'ensemble des stations se caractérise par une rive artificielle composée généralement d'un mur suivi, côté lac, d'enrochements en gros blocs (Figure 8 & Figure 9).

Deux stations, Station N° 1 - Céligny et Station N° 10 – Quai de Coligny, sont constituées d'anciennes carrières de molasse sous-lacustres (sables indurés).

Deux autres stations ont fait l'objet de réaménagements ces 15 dernières années : revitalisation de l'embouchure de la Versoix (Station N° 2) et aménagement d'une plage à Port Gitana (Station N° 3).



Station N° 1 - Céligny



Station N° 2 - Versoix



Station N° 3 – Bellevue Port Gitana



Station N° 4 - Vengeron



Station N° 5 – Perle du lac

Figure 8 : Photographies de la rive au droit de chacune des cinq stations situées en rive droite du Léman.



Station N° 6 - Hermance



Station N° 7 - Nant d'Aisy



Station N° 8 – Bellerive port



Station N° 9 – Pointe à la Bise - Camping



Station N° 10 – Quai de Cologny

Figure 9 : Photographies de la rive au droit de chacune des cinq stations situées en rive gauche du Léman.

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 (> 25 mm) en grande majorité dans les profondeurs entre 0 et -3 mètres (Tableau 4).

La plupart des stations présentent :

- Des algues filamenteuses vertes à l'exception des N° 2, N° 3, N° 7 et N° 9 ;
- Des macrophytes à l'exception de la Station N° 1.

Les substrats de la Station N° 9 - Pointe à la bise – Camping sont recouverts de characées.

Des déchets de type emballages, cigarettes et papiers sont présents à la Station N° 4 et proviennent vraisemblablement du cours d'eau du Vengeron.

Tableau 4 : Liste des substrats dominants par station et autres observations (déchets, algues, characées, plantes vasculaires).

N° de station	Nom de la station	Substrat dominant		
		0 à -1 m.	-1 à -3 m.	-3 m.
1	Céligny	Galets (> 25 mm) Algues	Sable (< 2.5 mm) Algues	Sable (< 2.5 mm) Algues
2	Versoix - Forel	Galets (> 25 mm)	Galets (> 25 mm)	Sable (< 2.5 mm) Plantes vasculaires
3	Bellevue - Port Gitana	Galets (> 25 mm)	Graviers (> 2.5 mm) Characées	Sable (< 2.5 mm) Characées
4	Vengeron	Galets (> 25 mm) Déchets	Galets (> 25 mm) Déchets	Galets (> 25 mm) Déchets Algues Plantes vasculaires
5	Perle du lac	Galets (> 25 mm) Algues	Graviers (> 2.5 mm) Algues	Sable (< 2.5 mm) Characées Plantes vasculaires
6	Hermance	Galets (> 25 mm) Algues	Galets (> 25 mm)	Sable (< 2.5 mm) Characées
7	Nant d'Aisy	Galets (> 25 mm)	Galets (> 25 mm)	Sable (< 2.5 mm) Plantes vasculaires
8	Bellerive	Sable (< 2.5 mm) Algues	Sable (< 2.5 mm) Algues	Sable (< 2.5 mm) Characées
9	Pointe à la Bise - Camping	Graviers (> 2.5 mm) Characées	Sable (< 2.5 mm) Characées	Sable (< 2.5 mm) Characées
10	Quai de Cologny	Galets (> 25 mm) Algues	Graviers (> 2.5 mm) Algues	Galets (> 25 mm) Algues



Galets – Station N° 2

Graviers – Station N° 5

Sable – Station N° 6

Figure 10 : Photographies de différents types de substrats.

4.2 Communauté benthique

Les relevés de 2017 sur les dix stations riveraines, ont permis de recenser **au total 57 taxons** dont 41 ont été déterminés à l'espèce (Tableau 5). Les résultats par station sont présentés en annexe C et dans le chapitre 4.3.

Tableau 5 : Liste taxonomique complète des relevés riverains 2017 (n.d: « non déterminé »¹).

Groupe faunistique	Famille / sous-famille	Genre / Espèce
PLATYHELMINTHES	Dugesiidae	<i>Dugesia / Girardia sp.</i>
"NEMATHELMINTHES"		n.d.
Hirudinea	Erpobdellidae	<i>Erpobdella sp.</i>
Hirudinea	Glossiphoniidae	<i>Helobdella stagnalis</i>
Hirudinea	Glossiphoniidae	<i>Glossiphonia sp.</i>
Hirudinea	Piscicolidae	<i>Piscicola geometra</i>
Oligochaeta		n.d. ¹
Gastropoda	Ancyliidae	<i>Ancyclus fluviatilis</i>
Gastropoda	Bithyniidae	<i>Bithynia tentaculata</i>
Gastropoda	Hydrobiidae	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>
Gastropoda	Lymnaeidae	<i>Lymnae stagnalis</i>
Gastropoda	Lymnaeidae	<i>Radix auricularia</i>
Gastropoda	Lymnaeidae	<i>Radix balthica</i>
Gastropoda	Physidae	<i>Haitia acuta (Physella acuta)</i>
Gastropoda	Planorbidae	<i>Anisus septemgyratus</i>
Gastropoda	Planorbidae	<i>Gyraulus albus</i>
Gastropoda	Planorbidae	<i>Gyraulus parvus</i>
Gastropoda	Valvatidae	<i>Valvata piscinalis</i>
Gastropoda	Valvatidae	<i>Valvata cristata</i>
Gastropoda	Viviparidae	<i>Viviparus ater</i>
Bivalvia	Dreissenidae	<i>Dreissena polymorpha</i>
Bivalvia	Dreissenidae	<i>Dreissena bugensis</i>
Bivalvia	Sphaeriidae	<i>Musculium lacustre</i>
Bivalvia	Sphaeriidae	<i>Pisidium amnicum</i>
Bivalvia	Sphaeriidae	<i>Pisidium casertanum</i>
Bivalvia	Sphaeriidae	<i>Pisidium henslowanum</i>
Bivalvia	Sphaeriidae	<i>Pisidium nitidum</i>
Bivalvia	Sphaeriidae	<i>Pisidium millium</i>
Bivalvia	Sphaeriidae	<i>Pisidium personatum</i>
Bivalvia	Sphaeriidae	<i>Pisidium subtruncatum</i>
Bivalvia	Sphaeriidae	<i>Pisidium sp. juveniles</i>
Bivalvia	Sphaeriidae	<i>Sphaerium corneum</i>
Arachnida (Inf.-Cl.)	Hydracarina	n.d.
Amphipoda	Corophiidae	<i>Chelicorophium curvispinum</i>
Amphipoda	Gammaridae	<i>Dikerogammarus villosus</i>
Isopoda	Asellidae	<i>Asellus aquaticus</i>

¹ Le matériel larvaire n'était pas toujours identifiable à l'espèce notamment pour les Leptoceridae et les Oligochètes en raison de leur très petite taille.

Groupe faunistique	Famille / sous-famille	Genre / Espèce
Decapoda	Astacidae	<i>Pacifastacus leniusculus</i>
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Cloeon simile</i>
Ephemeroptera	Caenidae	<i>Caenis horaria</i>
Ephemeroptera	Caenidae	<i>Caenis luctuosa</i>
Ephemeroptera	Ephemeridae	<i>Ephemerella danica</i>
Trichoptera	Ecnomidae	<i>Ecnomus tenellus</i>
Trichoptera	Hydroptilidae	<i>Agraylea multipunctata</i>
Trichoptera	Hydroptilidae	<i>Agraylea sexmaculata</i>
Trichoptera	Leptoceridae	n.d. ¹
Trichoptera	Leptoceridae	<i>Athripsodes sp.</i>
Trichoptera	Leptoceridae	<i>Mystacides azurea</i>
Trichoptera	Leptoceridae	<i>Mystacides longicornis</i>
Trichoptera	Leptoceridae	<i>Mystacides sp.</i>
Trichoptera	Leptoceridae	<i>Oecetis sp.</i>
Trichoptera	Psychomyiidae	<i>Tinodes waeneri</i>
Heteroptera	Corixidae	<i>Micronecta sp.</i>
Diptera	Chironomidae	n.d.
Lepidoptera	Crambidae	<i>Acentria ephemerella</i>
Megaloptera	Sialidae	<i>Sialis sp.</i>
Coleoptera	Elmidae	<i>Limnius sp.</i>
Coleoptera	Halplidae	<i>Halplus sp.</i>

Les deux groupes taxonomiques les plus représentés sont :

- Les mollusques avec un total de 25 taxons identifiés au genre (voire à l'espèce) dont 13 taxons pour les gastéropodes et 12 pour les bivalves ;
- Les insectes avec 21 taxons identifiés au genre (voire à l'espèce).

Parmi les insectes, la richesse spécifique des trichoptères et des diptères est vraisemblablement sous-estimée, en raison de déterminations n'atteignant généralement pas le niveau taxinomique de l'espèce :

- Pour les Chironomidae, seuls quelques individus du prélèvement GLA ont été déterminés au Genre (idem pour les Oligochètes) ;
- En raison de la très petite taille des spécimens de Leptoceridae, il n'a pas été possible de déterminer l'ensemble des individus au genre ou à l'espèce.

4.2.1 Espèces menacées

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

- Liste rouge Mollusques : gastéropodes et bivalves (Rüetschi et al. 2012) ;
- Listes rouges Ephémères, Plécoptères et Trichoptères (Lubini et al. 2012) ;
- Listes rouges des espèces animales menacées de Suisse (Duelli, 1994).

Parmi les espèces recensées en 2017, il ressort au regard des listes rouges que (Tableau 6):

- Aucune espèce n'est menacée au niveau Suisse (statut VU, EN, CR ou RE) ;
- Une espèce, *Pisidium amnicum*, est considérée comme « Potentiellement menacé », (NT).

De nombreux représentants de la famille des Haliplidae (coléoptère) figurent sur la liste rouge de 1994 des espèces animales menacées de Suisse. Il n'est dès lors pas exclu que les spécimens du genre *Halipus* retrouvés en 2017, appartenant à cette même famille, ne soient pas également menacés (Tableau 5).

La plupart des taxons recensés dans les rives du lac Léman dans le cadre de cette étude sont donc communs.

Tableau 6 : Liste taxonomiques des espèces « Liste Rouge ». Statuts : LC - Non menacé ; NT – Potentiellement menacé.

Famille	Genre / Espèce	Statut de la Liste Rouge
TRYCHOPTERA		
Ecnomidae	<i>Ecnomus tenellus</i>	LC
Hydroptilidae	<i>Agraylea sp.</i>	
Hydroptilidae	<i>Agraylea multipunctata</i>	LC
Hydroptilidae	<i>Agraylea sexmaculata</i>	LC
Leptoceridae	<i>Athripsodes sp.</i>	
Leptoceridae	<i>Mystacides sp.</i>	
Leptoceridae	<i>Mystacides azurea</i>	LC
Leptoceridae	<i>Mystacides longicornis</i>	LC
Leptoceridae	<i>Oecetis sp.</i>	
Psychomyidae	<i>Tinodes waeneri</i>	LC
EPHEMEROPTERA		
Baetidae	<i>Cloëon simile</i>	LC
Caenidae	<i>Caenis horaria</i>	LC
Caenidae	<i>Caenis luctuosa</i>	LC
Ephemeridae	<i>Ephemera danica</i>	LC
MOLLUSCA		
Ancylidae	<i>Ancylus fluviatilis</i>	LC
Bithyniidae	<i>Bithynia tentaculata</i>	LC
Lymnaeidae	<i>Lymnae stagnalis</i>	LC
Lymnaeidae	<i>Radix auricularia</i>	LC
Lymnaeidae	<i>Radix balthica</i>	LC

Famille	Genre / Espèce	Statut de la Liste Rouge
Planorbidae	<i>Anisus septemgyratus</i>	LC
Planorbidae	<i>Gyraulus albus</i>	LC
Sphaeridae	<i>Musculium lacustre</i>	LC
Sphaeridae	<i>Pisidium amnicum</i>	NT
Sphaeridae	<i>Pisidium casertanum</i>	LC
Sphaeridae	<i>Pisidium henslowanum</i>	LC
Sphaeridae	<i>Pisidium milium</i>	LC
Sphaeridae	<i>Pisidium nitidum</i>	LC
Sphaeridae	<i>Pisidium personatum</i>	LC
Sphaeridae	<i>Pisidium subtruncatum</i>	LC
Sphaeridae	<i>Sphaerium corneum</i>	LC
Valvatidae	<i>Valvata piscinalis</i>	LC
Valvatidae	<i>Valvata cristata</i>	LC
Viviparidae	<i>Viviparus ater</i>	LC

4.2.2 Néozoaires

Tout comme dans les relevés 2017, les études antérieures du Léman genevois établissent la présence des espèces exotiques invasives de macroinvertébrés benthiques suivantes (voir aussi chapitre 1.2 ainsi que Mulattieri, 2006 ; Lachavanne et al. 2013 ; Lods-Crozet, 2014) :

- Les gastéropodes, *Potamopyrgus antipodarum* (Figure 11), *Gyraulus parvus* et *Haitia acuta*² ;
- Le bivalve, *Dreissena polymorpha* ;
- Le crustacé, *Dikerogammarus villosus* ;
- Les écrevisses, *Orconectes limosus* et *Pacifastacus leniusculus*.

Les deux nouvelles espèces invasives suivantes ont été recensées en 2017 :

- Le bivalve, *Dreissena bugensis* (Figure 11);
- Le crustacé, *Chelicorophium curvispinum*.

² Le gastéropode exotique *Haitia acuta* n'est plus vraiment considéré comme exotique car il s'est fortement hybridé avec d'autres espèces indigènes de la même famille (Physidae).

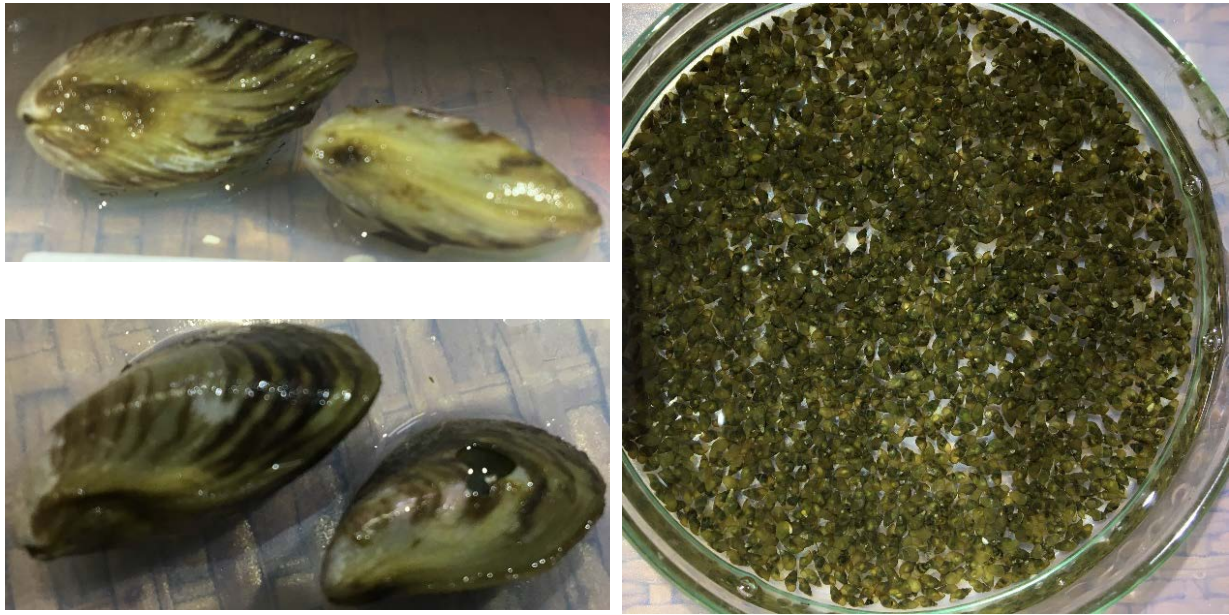


Figure 11 : Exemples d'espèces exotiques invasives. A gauche, *Dreissena bugensis* et à droite *Potamopyrgus antipodarum*.

Par ailleurs, un autre macroinvertébré exotique de type pélagique (non benthique), a été retrouvé en 2017: *Hemimysis anomala* (Figure 12). Ce dernier est présent dans le Léman depuis 2007.



Figure 12 : Individus d'*Hemimysis anomala* sur la station de Quai de Cologny en haut et après fixation dans l'éthanol (Photographies : Yves Perrier et Pascal Mulattieri).

4.2.3 Occurrence des taxons

Afin de déterminer l'importance de la colonisation d'une station par un taxon donné, l'occurrence de chacun des taxons a été calculée. Elle met en relation le nombre d'apparition du taxon par rapport au nombre total de stations. La présence des taxons dans le milieu aquatique dépend de nombreux facteurs biotiques (compétition, prédation) et abiotiques (diversité des habitats, rivages, courant).

La majorité des taxons recensés en 2017 dans les rives genevoises du Léman sont communs (Figure 13):

- 8 taxons sont présents dans toutes les stations, dont :
 - 4 néozoaires : *Potamopyrgus antipodarum*, *Dikerogammarus villosus*, *Dreissena polymorpha* et *Dreissena bugensis* ;
 - 1 trichoptère : *Mystacides azurea* ;
 - Les bivalves du genre *Pisidium* ;
 - Les Chironomidés et les Oligochètes.
- 18 taxons sont fréquents (occurrence $\geq 50\%$ et $\leq 90\%$), dont :
 - 2 néozoaires : *Chelicorophium curvispinum* et *Haitia acuta* ;
 - 8 mollusques : 4 gastéropodes et 4 bivalves ;
 - 5 taxons de trichoptères ;
 - 2 taxons d'éphémères : *Caenis horaria* et *Caenis luctuosa* ;
 - 1 sangsue : *Helobdella stagnalis* ;
- 17 taxons sont peu fréquents (occurrence $\geq 20\%$ et $\leq 40\%$) ;
- 14 taxons n'ont été observés qu'une seule fois.

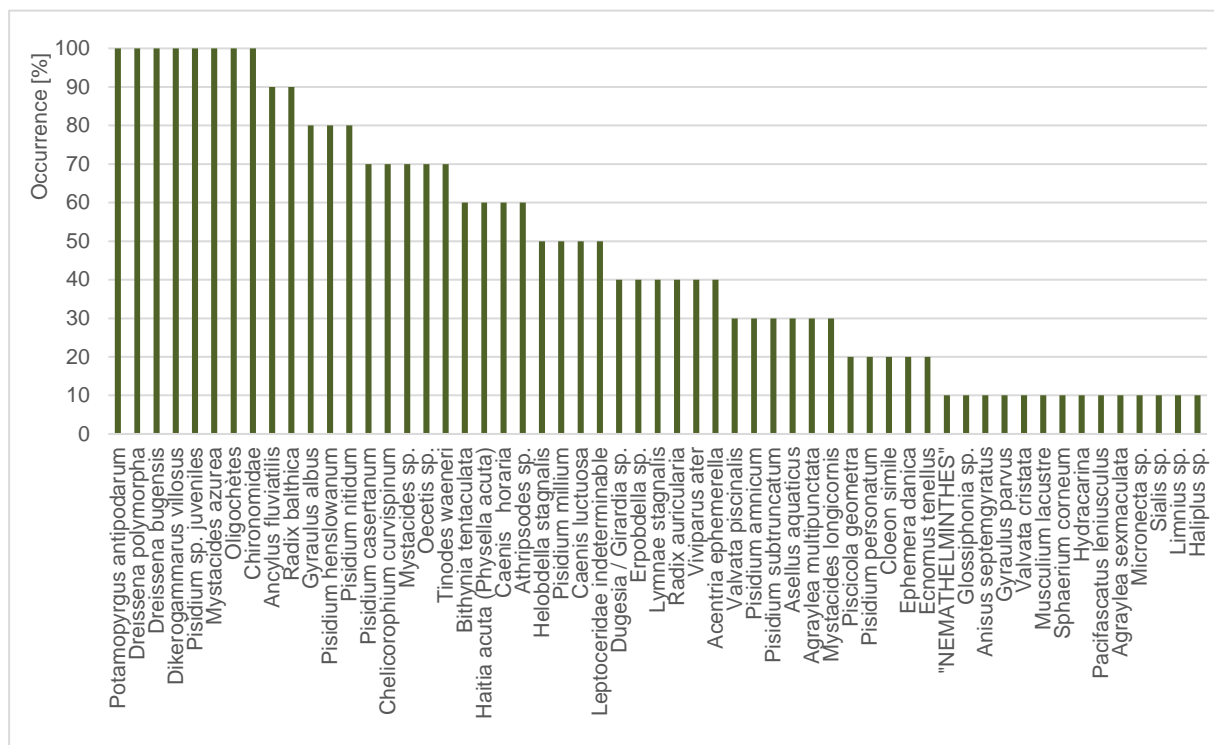


Figure 13 : Occurrence des taxons en pourcentage.

4.2.4 Abondance des taxons

Au total des 10 stations étudiées, plus de 20'000 individus ont été recensés (Figure 14).

Les néozoaires dominent en termes d'abondance (env. 75 %) :

- 44 % de l'abondance totale est représentée par *Potamopyrgus antipodarum* avec plus de 9'000 individus recensés ;
- 22 % de l'abondance totale est représentée par les moules zébrées (*Dreissena polymorpha*) et Quagga (*Dreissena bugensis*) avec plus de 4'500 individus recensés ;
- 9 % de l'abondance totale est représentée par le crustacé *Dikerogammarus villosus* avec presque 2'000 individus recensés.

Les Chironomidés et les Oligochètes sont aussi très bien représentés en termes d'abondance avec plus de 1'000 individus ;

Les abondances des autres taxa sont généralement plus faibles :

- L'abondance dépasse 100 individus pour les mollusques et les Caenidés suivants :
 - Les *Pisidium* avec plus de 850 individus ;
 - *Ancylus fluviatilis* (333 individus) ;
 - *Bithynia tentaculata* (164 individus) ;
 - *Caenis horaria* (146 individus) ;
 - *Caenis luctuosa* (139 individus) ;
 - *Radix balthica* (123 individus) ;
- Les autres taxa sont représentés par moins de 100 individus.

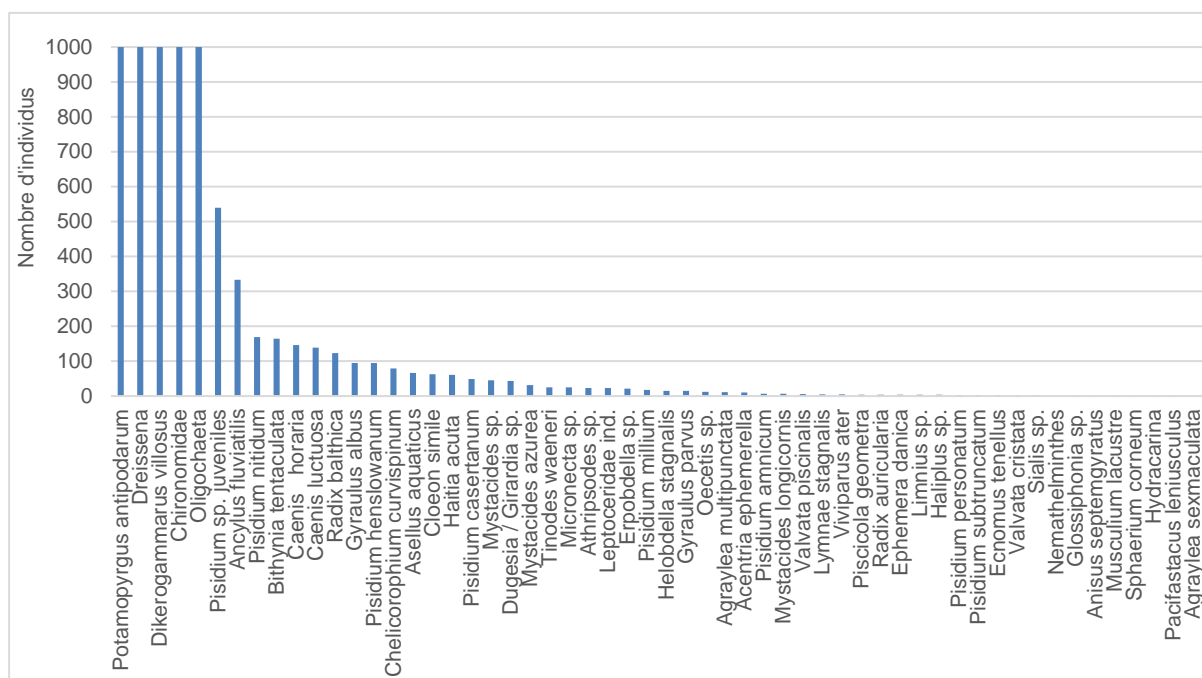


Figure 14 : Nombre d'individus total par taxon.

4.3 Résultats par station d'étude

Les chapitres suivants comparent, entre les stations, la composition, la richesse taxonomique ainsi que la densité.

4.3.1 Composition et richesse taxonomique

La diversité faunistique actuelle observée dans les relevés 2017 est liée aux conditions environnementales des habitats du Léman genevois et vraisemblablement à la grande hétérogénéité des stations (substrats, courant et rives).

La diversité du macrozoobenthos est comprise entre un minimum de 21 taxons pour la station de Céligny et un maximum de 33 taxons pour la station Port-Gitana (Figure 15), représentant respectivement 36 % et 57 % du potentiel de diversité de l'ensemble des 57 taxons inventoriés au total dans les recensements de 2017. Aucune station ne présente l'ensemble des 57 taxons.

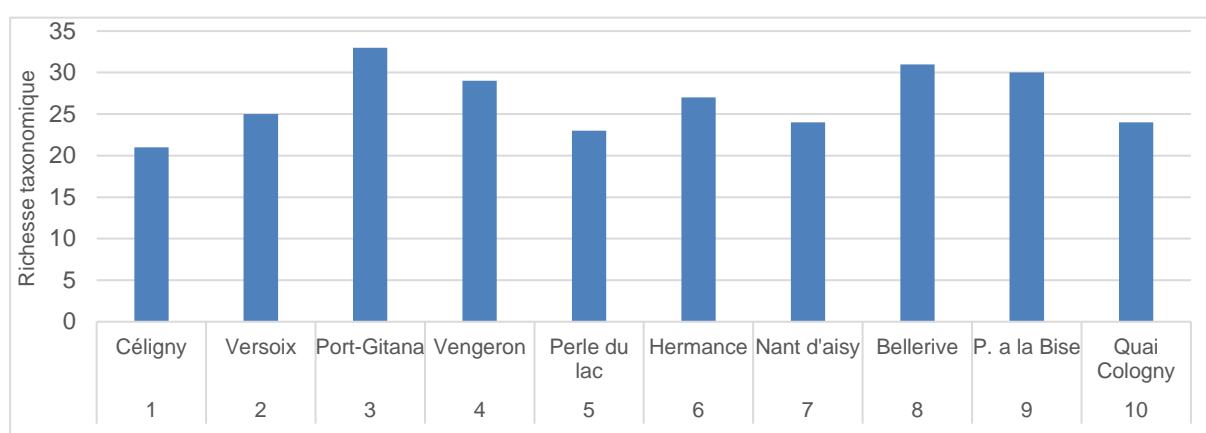


Figure 15 : Richesse taxonomique par station

La diversité inventoriée en 2017 varie d'une station à l'autre sans qu'apparaisse un gradient amont/aval ou rive gauche/rive droite. De plus, certains taxons n'ont été observés que sur une ou deux stations de la rive droite (voir aussi annexe A) :

- *Valvata cristata* (Station N° 3 – Port-Gitana) ;
- *Musculium lacustre* (Station N° 4 – Vengeron) ;
- *Ephemera danica* (Station N° 1 – Céligny & Station N° 5 – Perle du lac) ;
- *Agraylea sexmaculata* (Station N° 4 – Vengeron) ;
- *Limnius sp.* (Station N° 2 – Versoix) ;
- *Halipplus sp.* (Station N° 3 – Port-Gitana) ;
- Némathelminthes (Station N° 1 – Céligny).

D'autres taxons n'ont été inventoriés que sur certaines stations de la rive gauche :

- *Glossiphonia sp.* (Station N° 8 – Bellerive) ;
- *Piscicole geometra* (Station N° 7 – Nant d'Aisy & Station N° 9 – Pointe à la bise - Camping) ;
- *Anisus septemgyratus* (Station N° 8 – Bellerive) ;
- *Gyraulus parvus* (Station N° 6 – Hermance) ;
- *Agraylea multipunctata* (Station N° 6 – Hermance, Station N° 8 – Bellerive & Station N° 9 – Pointe à la bise - Camping) ;
- *Micronecta sp.* (Station N° 8 – Bellerive) ;
- *Sialis sp.* (Station N° 8 – Bellerive) ;

- *Pacifastacus leniusculus* (Station N° 6 – Hermance) ;
- *Hydracarina* (Station N° 6 – Hermance).

4.4.2 Densité

Afin de comparer les abondances des individus par station, une valeur de densité au m² a été calculée. Cette valeur correspond à :

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

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 des échantillons de macrophytes puisque seules quelques plantes ont été prélevées.

La densité moyenne la plus importante recensée en 2017 est de 8'171 individus au m² à la Station N° 9 – Port-Gitana, alors que la plus faible est de 2'608 individus au m² à la Station N° 1 – Céligny (Figure 16).

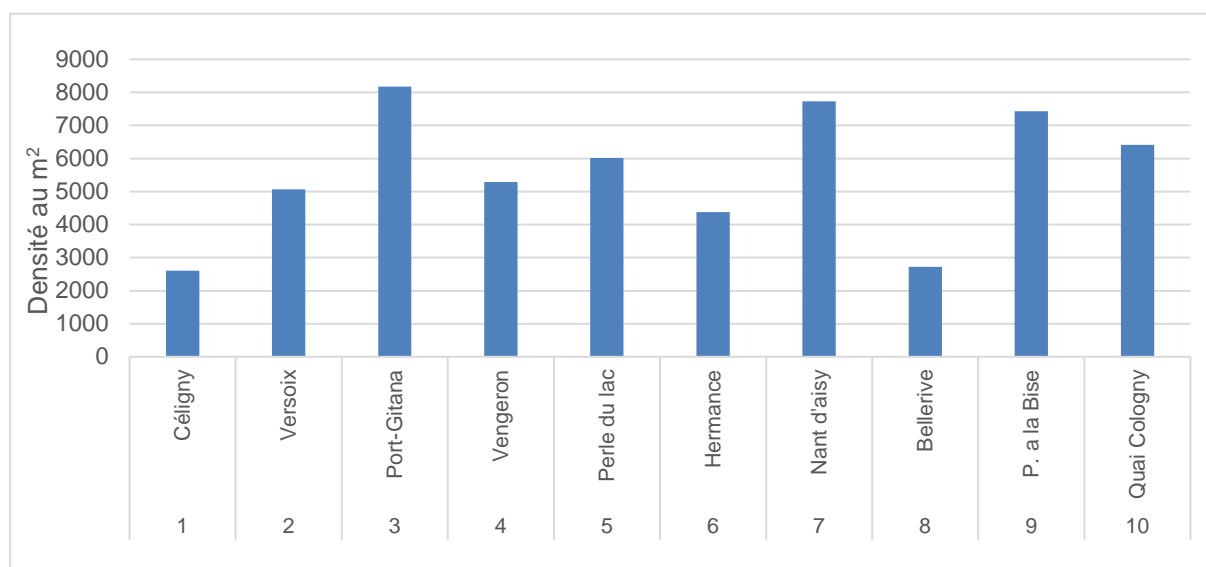


Figure 16 : Abondance du nombre d'individus par station (densité au m²).

Les résultats mettent en évidence que (Figure 16 et annexe A):

- La densité moyenne varie d'une station à l'autre sans qu'apparaisse un gradient amont/aval ou rive gauche rive droite.
- Sur les stations présentant une grande densité au m², soit > 4'000 individus (8 stations sur 10), un grand nombre d'individus d'espèces dites invasives (néozoaires) a été recensé:
 - *Potamopyrgus antipodarum* et/ou ;
 - *Dreissena polymorpha* ou *Dreissena bugensis* et/ou;
 - *Dikerogammarus villosus*.
- Les stations de Céligny et de Bellerive possèdent les densités moyennes les plus faibles, < 3'000 individus. Il semble que ces stations ne soient pas favorables à l'implantation des néozoaires en raison de substrats plus fins :

- Le secteur de Céligny se compose d'anciennes Carrières de molasse (Grès de Molasse rouge) ;
- La station de Bellerive inclut le port qui, en modifiant les courants, engendre une sédimentation de particules fines.

Les abondances relatives sont clairement dominées par les mollusques (Figure 17):

- 6 stations sur 10 sont dominées par les gastéropodes ;
- 3 stations sont dominées par les bivalves.

La proportion des autres groupes est répartie selon :

- Les stations dont le substrat est plus fin, Céligny et Bellerive, présentent des abondances relatives élevées pour les diptères (Chironomidae), respectivement 25% et 39%. Les abondances des Chironomidae aux autres stations ne dépassent pas 15%.
- L'abondance des crustacés, *Dikerogammarus villosus*, ne dépasse pas 20% ;
- L'abondance des insectes (T, E et autres) ne dépasse pas 5% ;

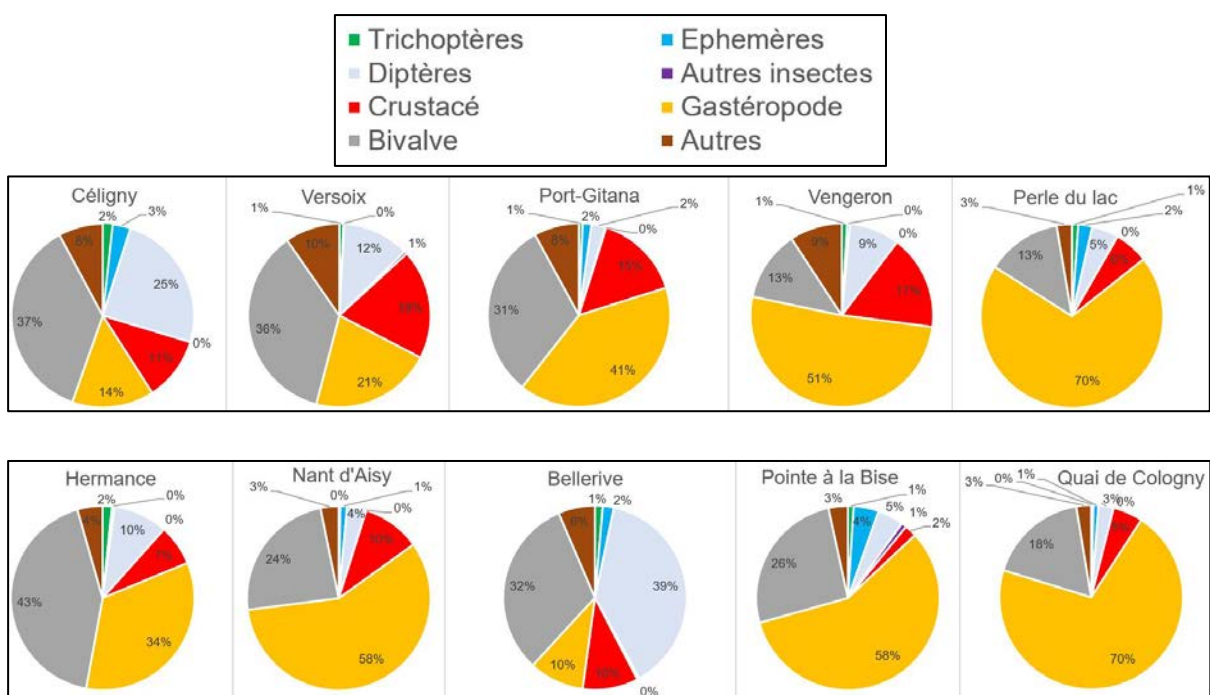


Figure 17 : Abondance relative des groupes taxonomiques par station.

La Station N° 3 – Port Gitana possède la plus grande richesse spécifique et abondance relative (tel que mentionné ci-dessus). Ce résultat est peut-être à mettre en relation avec le réaménagement de 2008-2009 des secteurs environnants de la plage de Port Gitana et la suppression des pontons, qui auraient rendu disponibles de nouveaux substrats ou modifié favorablement les conditions générales du site.

Le site de Céligny, en revanche, est le plus pauvre en richesse spécifique et abondance relative vraisemblablement en raison d'une hétérogénéité en substrats plus faible, probablement en lien avec la présence d'anciennes carrières de molasse.

4.4 Complément GLA – IOBL

Le présent chapitre présente une synthèse des résultats de l'Indice Oligochètes (IOBL) et des autres taxons déterminés présents sur la station au large du Vengeron, pour les résultats détaillés de l'IOBL voir l'Annexe B.

4.4.1 Composition et richesse taxonomique

Seuls les Oligochètes, les Chironomidés et les Gammares ont été examinés dans ce volet de l'étude.

Les investigations ont permis de recenser (Tableau 7) :

- 14 taxons d'Oligochètes, dont 1 espèce nouvelle pour la Suisse *Psammoryctides moravicus* (Figure 18) et 1 espèce *Aulodrilus limnobius* plus observée dans le Léman depuis les années 1980. Les autres espèces sont communes en Suisse ;
- 3 taxons de Chironomidae, courants dans les zones littorales ou sub-littorales ;
- 1 taxon indigène de crustacés, *Gammarus pulex*, généralement absent des zones peu profondes (< 5m) en raison de la compétition avec l'espèce invasive *Dikerogammarus villosus*.

Tableau 7 : Liste des taxons recensés sur la station GLA.

Groupe faunistique	Famille / sous-famille	Genre / Espèce
Oligochaeta	Tubificinae	<i>Psammoryctides barbatus</i>
Oligochaeta	Tubificinae	<i>Psammoryctides moravicus</i>
Oligochaeta	Tubificinae	<i>Spirosperma ferox</i>
Oligochaeta	Tubificinae	<i>Potamothrix heuscheri</i>
Oligochaeta	Tubificinae	<i>Potamothrix vej dovskyi</i>
Oligochaeta	Tubificinae	<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>
Oligochaeta	Tubificinae	<i>Potamothrix moldaviensis</i>
Oligochaeta	Tubificinae	<i>Aulodrilus limnobius</i>
Oligochaeta	Tubificinae	Tubificinae avec soies capillaires non reconnaissables à l'état immature
Oligochaeta	Tubificinae	Tubificinae sans soies capillaires non reconnaissables à l'état immature
Oligochaeta	Lumbriculidae	<i>Lumbriculus variegatus</i>
Oligochaeta	Lumbriculidae	Lumbriculidae non reconnaissables à l'état immature
Oligochaeta	Naidinae	<i>Piguetiella blanci</i>
Oligochaeta	Naidinae	<i>Dero digitata</i>
Amphipoda	Gammaridae	<i>Gammarus pulex</i>
Diptera	Tanipodinae	<i>Procladius (Holotanypus) sp.</i>
Diptera	Chironominae/Chironomini	<i>Cryptochironomus sp.</i>
Diptera	Chironominae/Chironomini	<i>Microtendipes gr. pedellus</i>



Figure 18 : Parties antérieures de 2 spécimens de *Psammoryctides moravicus* avec les crochets dorsaux et ventraux caractéristiques de l'espèce (source : R. Vivien, centre Ecotox).

4.4.2 Qualité biologique - IOBL

Le nombre élevé de taxons observé (14 au total) ainsi que leur densité modérée indiquent que les peuplements d'Oligochètes à la station du Vengeron présentent un fort potentiel métabolique.

Les peuplements d'Oligochètes indiquent ainsi une forte capacité des sédiments à assimiler la matière organique.

La qualité biologique du sédiment basée sur les Oligochètes est considérée comme moyenne. Cette qualité laisse supposer que la station est (ou a été) influencée par une pollution organique et/ou toxique, potentiellement originaire du cours d'eau du Vengeron.

Tableau 8 : Résultats de l'indice Oligochètes (IOBL)

Densité d'Oligochètes / 0.1 m ²	461
Indice IOBL	22 (sur un maximum de 25)
Potentiel métabolique	Fort
% espèces sensibles aux pollutions (Groupe 1)	11
Qualité biologique	Moyenne

Les données datant de 2009 de B. Lods-Crozet sur 9 stations, situées dans des fosses du Petit-Lac, influencées par une accumulation importante de matière organique, montrent des similitudes avec les résultats de 2017 (voir annexe B pour les détails):

- Valeurs d'IOBL avec un fort potentiel métabolique pour toutes les stations ;
- Pourcentages d'espèces sensibles situés entre 1 et 5 (mauvaise qualité) au niveau de 7 stations et entre 6 et 10 (qualité médiocre) au niveau de 2 stations.

Ces résultats contrastent avec ceux obtenus sur 11 stations à Yvoire en 2006 (stations peu influencée par des rejets toxiques et dans un état trophique plutôt « oligo-mésotrophe ») :

- Valeurs d'IOBL avec un potentiel métabolique moyen sur 6 stations et avec un fort potentiel métabolique sur 5 stations ;
- Toutes les stations présentent une qualité biologique bonne (ou très bonne).

5. Evolution des communautés benthiques

Le présent chapitre compare les données 2017 avec les études antérieures. 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 ou avec le réaménagement de certains secteurs de rive.

Depuis les années 1960, les conditions environnementales du Léman genevois ont subi de nombreux changements, comme par exemple :

- Intensification de l'urbanisation et de l'utilisation des rives (déjà dès les années 50) ;
- Observation des premières espèces introduites dans le Léman, comme :
 - La moule zébrée, *Dreissena polymorpha*, dès 1962 ;
 - Les écrevisses signal et américaine, dès 1976 ;
 - L'escargot néo-zélandais, *Potamopyrgus antipodarum*, dès 1978 ;
- Apport croissant en éléments nutritifs dans le lac avec un pic dans les années 1975-1980 en raison de l'accroissement de la population. Cela a engendré un phénomène accéléré d'eutrophisation des eaux. Le taux de phosphore total est multiplié par 9 entre les années 50 et les années 80 ;
- Diminution graduelle des teneurs en phosphore depuis les années 80. Cette diminution a engendré un changement du niveau trophique du lac, avec le passage d'un milieu eutrophe à un milieu mésotrophe. Le terme de ré-oligotrophisation du Léman est employé pour caractériser cette période de transition qui dure encore actuellement ;
- Changement de la composition en macrophytes, induit par le changement trophique. Il se manifeste par une forte régression des herbiers à *Potamogeton pectinatus* au profit d'herbiers benthiques à characées. Ces herbiers recouvrent actuellement une grande partie des substrats de la zone littorale genevoise (Sandoz & al., 2017) ;
- Expansion des espèces exotiques invasives vers la fin du 20^{ème} siècle dont le gammare du Danube, *Dikerogammarus villosus*, arrivé en 2002 et originaire du bassin ponto-caspien. C'est un prédateur carnivore, caractéristique exceptionnelle dans la famille des Gammaridés. Il est vraisemblable que la diminution, en abondance, des populations d'invertébrés en Europe (aselles, éphémères, odonates) soit en partie due à la présence de cette espèce invasive (Dick & al., 2002) ;
- Revitalisation de certains secteurs de rive ou embouchure de rivière ces 15 dernières années, dont notamment l'Hermance, le Nant d'Aisy, la Versoix.

5.2 Evolution de la richesse taxonomique

Dans le but de comparer la richesse taxonomique et son évolution temporelle, les données à disposition des 40 dernières années ont été utilisées. Les données prises en compte proviennent de publications scientifiques, de travaux de Bachelor, diplôme Master, thèses de doctorat, travaux privés (étude d'impact) ainsi que de la banque de données du Centre Suisse de Cartographie de la Faune CSCF (pour plus de détails, voir aussi Lachavanne et al. 2013 ; Mulattieri, 2006 et Bänziger, 1998).

Bien qu'il existe une disparité importante sur les méthodologies appliquées ou les niveaux taxonomiques retenus, le Tableau 9 présente une liste faunistique, toutes études confondues, entre 1978 et 2016 ainsi que les résultats de 2017.

Parmi les 148 taxons observés depuis 1978 (tous niveaux taxonomiques confondus), 80 ont été recensés en 2017 soit un peu plus de 50 %.

Tableau 9 : Liste taxonomique des espèces du Léman genevois entre 1978 et 2017. En encadré vert, les nouveaux taxons pour le Léman genevois. En bleu, les taxons retrouvés sur la station GLA.

		Année	entre 1978 et 2016	Etude 1998	Etude 2006	Etude 2013	Etude 2017
Famille / sous-famille	Genre / Espèce						
Bryozoa	Cristatellidae	<i>Cristatella mucedo</i>	x	x			
Hydroïdes	Hydridae	<i>Hydra sp.</i>	x	x		x	
PLATYHELMINTHES	Dendrocoelidae	<i>Dendrocoelum lacteum</i>	x				
PLATYHELMINTHES	Dugesiidae	<i>Dugesia / Girardia sp.</i>	x	x	x	x	x
PLATYHELMINTHES	Famille indéterminée		x			x	
NEMATHELMINTHES	Nématodes		x			x	x
Hirudinea	Erpobdellidae	<i>Erpobdella sp.</i>	x	x	x	x	x
Hirudinea		<i>Erpobdella octoculata</i>	x	x		x	
Hirudinea	Hirudidae	<i>Haemopsis sanguisuga</i>	x				
Hirudinea	Glossiphoniidae	<i>Batracobdella sp.</i>	x			x	
Hirudinea		<i>Glossiphonia complanata</i>	x	x		x	
Hirudinea		<i>Glossiphonia heteroclita</i>	x	x			
Hirudinea		<i>Hemiclepsis marginata</i>	x				
Hirudinea		<i>Helobdella stagnalis</i>	x	x		x	x
Hirudinea		<i>Glossiphonia sp.</i>	x	x	x	x	x
Hirudinea	Piscicolidae	<i>Piscicola geometra</i>	x	x		x	x
Oligochaeta			x	x	x	x	x
Oligochaeta	Tubificidae		x	x			x
Oligochaeta	Tubificinae	<i>Psammoryctides barbatus</i>	x				x
Oligochaeta		<i>Psammoryctides moravicus</i>					x
Oligochaeta		<i>Spirosperma ferox</i>	x				x
Oligochaeta		<i>Potamothrix heuscheri</i>	x				x
Oligochaeta		<i>Potamothrix vejnovskyi</i>	x				x
Oligochaeta		<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>	x				x
Oligochaeta		<i>Potamothrix moldaviensis</i>	x				x
Oligochaeta		<i>Aulodrilus limnobius</i>					x
Oligochaeta	Lumbriculidae		x	x			x
Oligochaeta		<i>Lumbriculus variegatus</i>	x				x
Oligochaeta	Naididae	<i>Stylaria lacustris</i>	x	x			

		Année	entre 1978 et 2016	Etude 1998	Etude 2006	Etude 2013	Etude 2017	
Famille / sous-famille	Genre / Espèce							
Oligochaeta		<i>Nais sp.</i>	x	x				
Oligochaeta	Naidinae	<i>Piguetiella blanci</i>	x				x	
Oligochaeta		<i>Dero digitata</i>	x				x	
Gastropoda	Ancylidae	<i>Ancylus fluviatilis</i>	x		x	x	x	
Gastropoda	Bithyniidae	<i>Bithynia tentaculata</i>	x	x	x	x	x	
Gastropoda	Hydrobiidae	<i>Bythiospeum sp.</i>	x					
Gastropoda		<i>Lithoglyphus naticoides</i>	x					
Gastropoda		<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	x	x	x	x	x	
Gastropoda	Lymnaeidae	<i>Lymnaea stagnalis</i>	x				x	
Gastropoda		<i>Radix auricularia</i>	x	x	x	x	x	
Gastropoda		<i>Radix balthica</i>	x			x	x	
Gastropoda		<i>Radix peregra</i>	x	x				
Gastropoda	Physidae	<i>Haitia acuta (Physella acuta)</i>	x	x	x	x	x	
Gastropoda		<i>Physa fontinalis</i>	x					
Gastropoda	Planorbidae	<i>Anisus septemgyratus</i>					x	
Gastropoda		<i>Anisus vortex</i>	x		x			
Gastropoda		<i>Bathymorphus contortus</i>	x		x			
Gastropoda		<i>Gyraulus albus</i>	x	x	x	x	x	
Gastropoda		<i>Gyraulus laevis</i>	x	x				
Gastropoda		<i>Gyraulus parvus</i>	x	x	x	x	x	
Gastropoda		<i>Hypppeutis complanatus</i>	x			x		
Gastropoda		<i>Planorbarius corneus</i>	x	x				
Gastropoda		<i>Planorbis carinatus</i>	x	x	x	x		
Gastropoda		<i>Planorbis planorbis</i>	x					
Gastropoda		Valvatidae	<i>Valvata cristata</i>	x			x	x
Gastropoda			<i>Valvata piscinalis</i>	x	x	x	x	x
Gastropoda	Viviparidae	<i>Viviparus ater</i>	x	x	x	x	x	
Gastropoda		<i>Viviparus contectus</i>	x					
Bivalvia	Unionidae	<i>Anodonta cygnea</i>	x			x		
Bivalvia	Corbiculidae	<i>Corbicula fluminea</i>	x					
Bivalvia	Dreissenidae	<i>Dreissena polymorpha</i>	x	x	x	x	x	
Bivalvia		<i>Dreissena bugensis</i>					x	
Bivalvia	Sphaeriidae		x	x	x	x	x	
Bivalvia		<i>Musculium lacustre</i>	x	x			x	
Bivalvia		<i>Pisidium amnicum</i>	x			x	x	
Bivalvia		<i>Pisidium casertanum</i>	x			x	x	
Bivalvia		<i>Pisidium henslowanum</i>	x			x	x	
Bivalvia		<i>Pisidium hibernicum</i>	x					
Bivalvia		<i>Pisidium lilljeborgii</i>	x			x		
Bivalvia		<i>Pisidium millium</i>	x			x	x	
Bivalvia		<i>Pisidium moitessierianum</i>	x			x		
Bivalvia		<i>Pisidium nitidum</i>	x			x	x	
Bivalvia		<i>Pisidium obtusale</i>	x			x		

		Année	entre 1978 et 2016	Etude 1998	Etude 2006	Etude 2013	Etude 2017	
Famille / sous-famille	Genre / Espèce							
Bivalvia		<i>Pisidium personatum</i>	x				x	
Bivalvia		<i>Pisidium subtruncatum</i>	x			x	x	
Bivalvia		<i>Pisidium sp. juveniles</i>	x	x			x	
Bivalvia		<i>Sphaerium corneum</i>	x			x	x	
Arachnida (Inf.-Cl.) Acari	Hydracarina		x		x	x	x	
Amphipoda	Corophiidae	<i>Chelicorophium curvispinum</i>					x	
Amphipoda	Gammaridae	<i>Gammarus sp.</i>	x	x		x	x	
Amphipoda		<i>Gammarus pulex</i>					x	
Amphipoda		<i>Dikerogammarus villosus</i>	x	x	x	x	x	
Isopoda	Asellidae	<i>Asellus aquaticus</i>	x	x	x	x	x	
Decapoda	Astacidae	<i>Pacifastacus leniusculus</i>	x				x	
Decapoda	Cambaridae	<i>Orconectes limosus</i>	x		x			
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis sp.</i>	x	x		x	x	
Ephemeroptera		<i>Baetis fuscatus</i>	x					
Ephemeroptera		<i>Baetis lutheri</i>	x					
Ephemeroptera		<i>Centroptilum luteolum</i>	x	x				
Ephemeroptera		<i>Cloeon dipterum</i>	x	x				
Ephemeroptera		<i>Cloeon simile</i>	x	x		x	x	
Ephemeroptera	Caenidae	<i>Caenis sp.</i>	x	x	x	x	x	
Ephemeroptera		<i>Caenis horaria</i>	x	x		x	x	
Ephemeroptera		<i>Caenis luctuosa</i>	x	x		x	x	
Ephemeroptera		<i>Caenis macrura</i>	x					
Ephemeroptera	Ephemeridae	<i>Ephemera danica</i>					x	
Trichoptera	Ecnomidae	<i>Ecnomus sp.</i>	x	x	x	x	x	
Trichoptera		<i>Ecnomus tenellus</i>	x			x	x	
Trichoptera	Hydroptilidae	<i>Agraylea sp.</i>	x	x		x	x	
Trichoptera		<i>Agraylea multipunctata</i>	x			x	x	
Trichoptera		<i>Agraylea sexmaculata</i>	x			x	x	
Trichoptera		<i>Hydroptila sp.</i>	x	x	x			
Trichoptera		<i>Hydroptila tineoides</i>	x					
Trichoptera		<i>Orthotrichia sp.</i>	x	x	x	x		
Trichoptera		<i>Orthotrichia costalis</i>	x	x		x		
Trichoptera		Leptoceridae	<i>Athripsodes sp.</i>	x	x	x	x	x
Trichoptera			<i>Athripsodes albifrons</i>	x			x	
Trichoptera			<i>Athripsodes atterimus</i>	x	x		x	
Trichoptera	<i>Athripsodes bilineatus</i>		x					
Trichoptera	<i>Athripsodes cinereus</i>		x	x		x		
Trichoptera	<i>Ceraclea dissimilis</i>		x	x		x		
Trichoptera	<i>Mystacides sp.</i>		x	x	x		x	
Trichoptera	<i>Mystacides azurea</i>		x	x		x	x	
Trichoptera	<i>Mystacides longicornis</i>		x	x		x	x	
Trichoptera	<i>Oecetis sp.</i>		x	x	x	x	x	
Trichoptera	<i>Oecetis lacustris</i>		x	x				
Trichoptera	<i>Oecetis ochracea</i>		x	x		x		

		Année	entre 1978 et 2016	Etude 1998	Etude 2006	Etude 2013	Etude 2017
Famille / sous-famille	Genre / Espèce						
Trichoptera		Setodes sp.	x		x		
Trichoptera	Phryganeidae	<i>Phryganea grandis</i>	x	x			
Trichoptera	Polycentropodidae	<i>Cyrnus trimaculatus</i>	x				
Trichoptera		<i>Neureclipsis bimaculata</i>	x				
Trichoptera		<i>Plectrocnemia</i> sp.	x	x	x		
Trichoptera		<i>Polycentropus</i> sp.	x	x	x		
Trichoptera		<i>Polycentropus flavomaculatus</i>	x	x			
Trichoptera		Psychomyiidae	<i>Psychomyia pusilla</i>	x			x
Trichoptera		<i>Tinodes</i> sp.	x	x	x	x	x
Trichoptera		<i>Tinodes waeneri</i>	x	x		x	x
Heteroptera	Corixidae	<i>Micronecta</i> sp.	x		x		x
Heteroptera	Gerridae	<i>Gerris</i> sp.	x				
Diptera	Anthomyiidae		x				
Diptera	Athericidae		x				
Diptera	Ceratopogonidae		x				
Diptera	Chironomidae		x	x	x	x	x
Diptera	Chironominae/Chironomini	<i>Cryptochironomus</i> sp.	x				x
Diptera	Chironominae/Chironomini	<i>Microtendipes</i> gr. <i>pedellus</i>	x				x
Diptera	Tanipodinae	<i>Procladius (Holotanypus)</i> sp.	x				x
Diptera	Limoniidae		x				
Diptera	Tabanidae		x				
Lepidoptera	Crambidae	<i>Acentria ephemerella</i>	x	x	x	x	x
Odonates	Coenagrionidae		x	x	x		
Odonates		<i>Enallagma cyathigerum</i>	x				
Megaloptera	Sialidae	<i>Sialis</i> sp.					x
Coleoptera	Dryopidae	<i>Dryops</i> sp.	x			x	
Coleoptera		<i>Coelambus impressopunctatus</i>	x				
Coleoptera	Dytiscidae	<i>Nebriporus depressus</i>	x	x			
Coleoptera		<i>Stictotarsus -12-pustulatus</i>	x	x			
Coleoptera	Elmidae	<i>Limnius</i> sp.	x				x
Coleoptera	Gyrinidae	<i>Oreochilus villosus</i>	x				
Coleoptera	Haliplidae	<i>Haliplus</i> sp.	x				x

Avec 57 taxons (hors complément GLA³), la richesse taxonomique totale du macrozoobenthos des rives genevoises du Léman en 2017 est relativement élevée, en comparaison avec les études suivantes:

- Lachavanne et al. (2013) ont recensé 59 taxons au total;
- Bänziger (1998) a recensé 49 taxons au total (sans détermination à l'espèce des 4 Oligochètes et aux 4 sous-familles de Chironomidae);
- Mulattieri (2006) a recensé 39 taxons au total (sans détermination à l'espèce des Sphaeriidae ni des éphémères et trichoptères).

³ Soit sans les déterminations à l'espèce des Chironomidés et des Oligochètes.

Plusieurs taxons ont été recensés pour la première fois dans le Léman genevois en 2017 :

- 1 nouvelle espèce pour la Suisse retrouvée au large du Vengeron (station GLA) : *Psammoryctides moravicus* ;
- 4 taxons vraisemblablement présents ailleurs dans le Léman : *Anisus septemgyratus* et *Sialis sp.*, retrouvés sur la station de Bellerive, *Ephemera danica*, retrouvé à 2 stations Céligny et Perle du Lac ainsi que *Aulodrilus limnobioides* retrouvée au large du Vengeron (station GLA) ;
- 2 néozoaires invasifs présents sur la majorité des stations (voir chapitre 4.2): *Dreissena bugensis* et *Chelicorophium curvispinum*.

L'espèce d'Oligochète, *Psammoryctides moravicus*, présente dans l'échantillon du Vengeron mais en faible effectif, est nouvellement mentionnée en Suisse. L'autre espèce d'Oligochète plus observée depuis 1980, *Aulodrilus limnobioides*, est généralement retrouvée en Suisse dans les cours d'eau.

Anisus septemgyratus ou Planorbe resserrée, fréquente les points d'eau à fonds sablonneux vaseux avec végétation immergée. Selon la base de données du CSCF pour le canton de Vaud, cette espèce a été uniquement recensée aux Grangettes (1992 dans des mares et en 2008 dans la zone marécageuse du Gros Brasset).

Ephemera danica ou « Grande Mouche de mai » est une espèce d'éphémère. La larve est fouisseuse et se nourrit de débris organiques végétaux et de particules limoneuses. Cette espèce se retrouve dans les rivières et dans les lacs à proximité du rivage battu par les vagues. Elle est assez sensible à la qualité du milieu (pollution organique notamment).

Le genre *Sialis sp.* fait partie de la famille des Sialidae. Les larves sont aquatiques, présentes dans les eaux stagnantes ou lentes. Elles sont souvent cachées dans les feuilles en décomposition ou bien enfouies dans le sédiment vaseux.

5.3 Comparaison avec l'étude de 2013

Bien que l'étude de Lachavanne datant de 2013 n'ait porté que sur le périmètre de la Grande Rade, l'effort de détermination est similaire à l'étude de 2017 et permet donc des comparaisons quant à la diversité des taxons. En revanche, en raison d'une méthodologie de prélèvement différente, aucune comparaison n'est possible en termes d'abondance.

Le nombre de taxons total observé est similaire. De faibles différences peuvent être mises en évidence pour les groupes suivants :

Mollusques :

Parmi les gastéropodes :

- 2 espèces retrouvées en 2017 n'ont pas été observées en 2013: *Anisus septemgyratus* (nouvelle pour le Léman genevois) et *Lymnaea stagnalis* (plus observée depuis 1995).
- 3 espèces n'ont pas été retrouvées en 2017 : *Hyppentis complanatus*, *Planorbis carinatus* et *Anodonta cygnea*.

Parmi les bivalves de la famille des Sphaeridae :

- 2 espèces retrouvées en 2017 n'ont pas été observées en 2013: *Musculium lacustre* (recensée en 1994 et 2004) et *Pisidium personatum* (recensée en 2003);
- 3 espèces nouvelles en 2013 n'ont pas été retrouvées en 2017 : *Pisidium lilljeborgii*, *Pisidium moitessierianum* et *Pisidium obtusale*.

Trichoptères :

En raison des prélèvements 2017 effectués en saison estivale, les trichoptères capturés de la famille des Leptoceridae sont de très petite taille, ne permettant généralement pas une détermination à l'espèce. Les comparaisons pour cette famille ne sont donc pas significatives.

La composition spécifique des autres familles de trichoptères est très similaire aux données 2013, à l'exception des 2 espèces non observées en 2017 : *Orthotrichia costalis* et *Psychomyia pusilla*.

Autres groupes taxonomiques :

La saison estivale est favorable aux coléoptères (notamment aux genres *Haliphus* & *Limnius*), aux hétéroptères et aux mégaloptères, non observés en 2013.

5.4 Comparaison avec l'étude de 2006

L'étude de P. Mulattieri (2006) présente les résultats d'investigations réalisées durant la saison estivale de 2004, sur 56 sites d'études répartis autour des rives genevoises du Léman. Sept stations sont situées aux mêmes emplacements que des stations de 2017 (Tableau 10 et Figure 19).

Tableau 10 : Liste des stations étudiées en 2017 et en 2006.

N° de station	Nom de la station	Nom de la station correspondante de l'étude réalisée en 2006
1	Céligny	SP
3	Bellevue - Port Gitana	152
6	Hermance	2
7	Nant d'Aisy	59
8	Bellerive	A2
9	Pointe à la Bise - Camping	ZISP
10	Quai de Cologny	PL

Afin de pouvoir effectuer des comparaisons représentatives entre ces 2 études, des simplifications de la liste taxonomique de 2017 ont été réalisées. Elles interviennent aux niveaux taxonomiques retenus (Genre ou Famille) pour les taxons non déterminés à l'espèce en 2004, comme les trichoptères ou les Sphaeridae.

La Figure 18 présente les richesses taxonomiques des 2 études sur les mêmes stations. De manière générale, à l'exception de la station de Céligny et de Quai de Cologny, la richesse taxonomique recensée en 2017 est toujours supérieur à celle de 2004.

Cette augmentation s'explique probablement par le fait que :

- 2 prélèvements supplémentaires ont été déterminés en 2017 (6 en 2017 et 4 en 2004) ce qui favorise les chances d'observer plus d'espèces ;
- Certaines espèces n'avaient pas été observées en 2004 et sont présentes sur une majorité de stations en 2017 :
 - *Chelicorophium curvispinum* ;
 - *Radix balthica* ;
- *Potamopyrgus antipodarum* est présent dans les sept stations en 2017 alors qu'il était absent de 4 stations de la rive gauche en 2006 :
 - Nant d'Aisy
 - Bellerive ;
 - Pointe à la Bise – Camping
 - Quai de Cologny

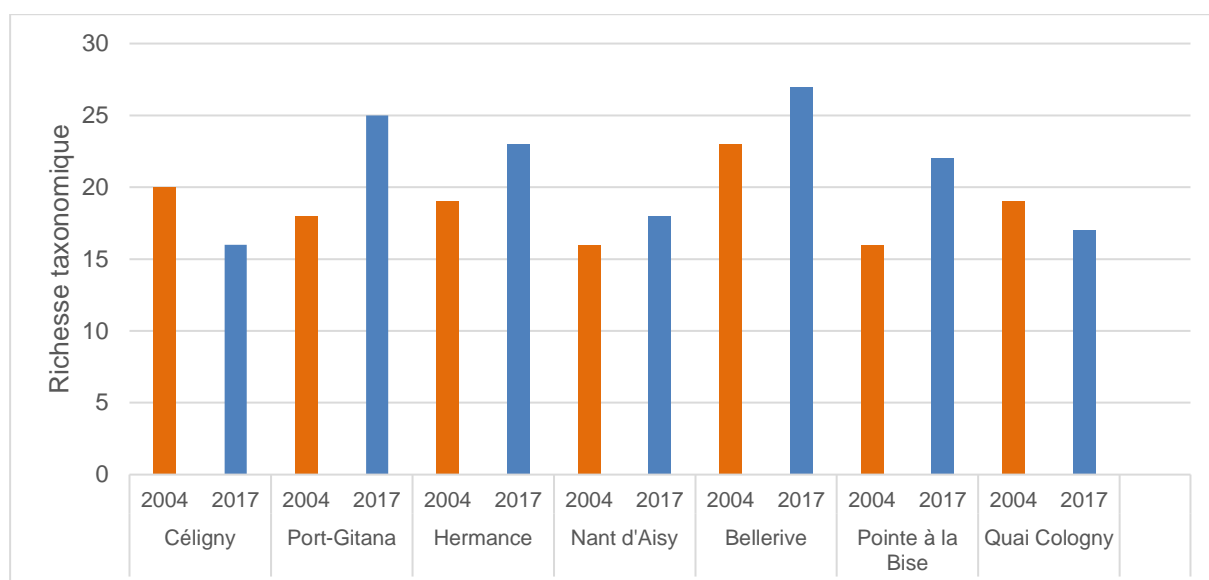


Figure 19 : Richesse taxonomique des 7 stations communes entre 2004 (en orange) et 2017 (en bleu). La richesse taxonomique de 2017 est simplifiée au même niveau taxonomique que 2004.

Les abondances de 2004 et les abondances moyennes rapportées à 4 échantillons pour 2017 sont présentées dans la Figure 20.

Les abondances sont généralement supérieures en 2017 en raison de la prolifération de *Potamopyrgus antipodarum* (absent de Nant d'Aisy, Pointe à la Bise et Quai de Cologny en 2004) et, dans une moindre mesure, des Sphaeridae et de *Dikerogammarus villosus*.

Les stations de Céligny et de Bellerive montraient une abondance supérieure en 2004 vraisemblablement à mettre en relation avec une forte présence de moule (Dreissenidae) et du *Dikerogammarus villosus* (env. 300 par station).

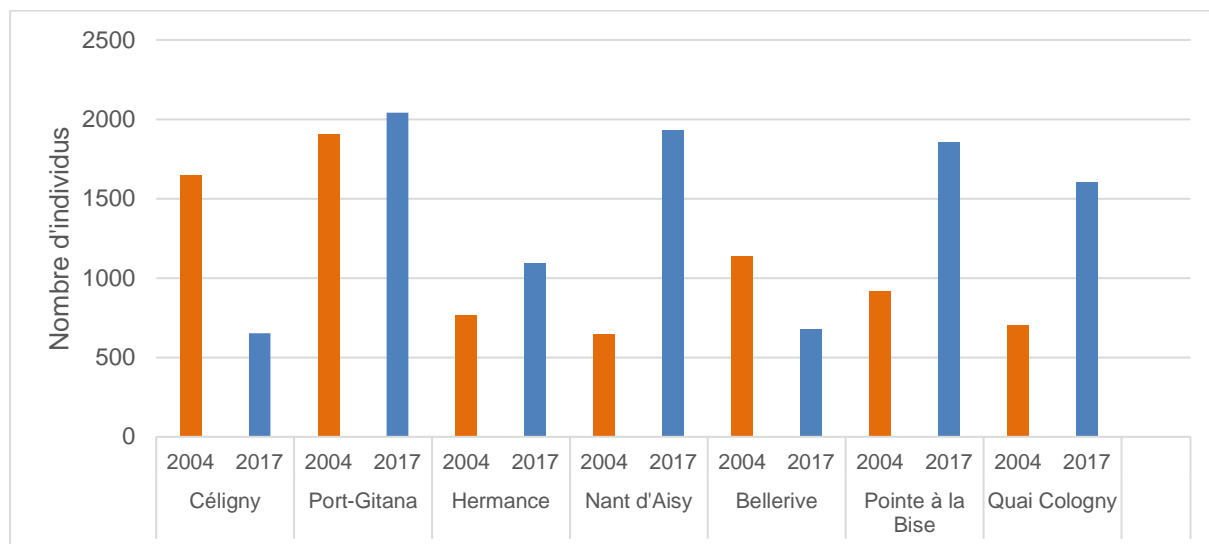


Figure 20 : Nombre d'individus des 7 stations communes entre 2004 (en orange) et 2017 (en bleu). Pour 2017, il s'agit d'abondances moyennes pour 4 échantillons.

5.5 Evolution des néozoaires

Comme démontré dans les chapitres précédents, un des principaux changements dans les communautés de macroinvertébrés du Léman genevois ces 40 dernières années est vraisemblablement à mettre en relation avec l'arrivée de plusieurs espèces exotiques invasives et leur expansion. En effet, leur présence semble engendrer une diminution de la densité de certaines espèces indigènes voire amener à l'extinction d'une espèce en raison de :

- La compétition ;
- La prédation ;
- L'hybridation ;
- L'arrivée de maladies, en raison de l'arrivée de nouveaux virus ou bactéries véhiculés par les espèces invasives résistantes, et néfastes pour les espèces indigènes.

Les résultats de B. Lods-Crozet en 2014 montrent que l'expansion numérique des néozoaires dans le Léman représente un maximum de 40% de la richesse et jusqu'à 95% de l'abondance des invertébrés benthiques.

Dans le Léman genevois, les néozoaires suivants ont été recensés à ce jour :

- Les bivalves *Dreissena polymorpha* ;
- Les écrevisses *Orconectes limosus* et *Pacifastacus leniusculus* ;
- La planaire *Girardia tigrina* ;
- Les gastéropodes : *Potamopyrgus antipodarum*, *Gyraulus parvus* et *Haitia acuta*⁴ ;
- Le crustacé *Dikerogammarus villosus* ainsi que l'espèce pélagique *Hemimysis anomala* ;
- Les 2 espèces de vers Oligochètes : *Potamothrix vej dovskyi* et *Potamothrix moldaviensis*.

Les investigations de 2017 ont permis de confirmer la présence en grande quantité de *Dreissena bugensis* et *Chelicorophium curvispinum*.

Dreissena bugensis ou moule Quagga est une proche parente de la moule zébrée. En 2015, l'EAWAG a détecté la présence de cette espèce à Bâle dans le Rhin, puis il semble qu'elle ait, très rapidement, colonisé la Suisse. Les premières observations dans le Léman vaudois datent de 2015 (DIREV, 2017).

Chelicorophium curvispinum ou crevette de vase, originaire du bassin Ponto-caspien, est arrivée en 2010 dans le Léman.

La présence du bivalve *Corbicula fluminea* sur les rives genevoises du Léman n'a pas été confirmée en 2017 alors qu'il est très abondant dans le reste du Léman.

Enfin, les relevés de 2017 ont permis de confirmer, en raison de la compétition avec *Dikerogammarus villosus*, le déplacement de l'espèce indigène *Gammarus pulex* vers les zones plus profondes > 5 m (voir aussi Lods-Crozet & Reymond, 2006).

⁴ Il est souvent reconnu comme indigène puisqu'il s'est fortement hybridé avec d'autres espèces indigènes de la même famille (Physidae)

6. Qualité écologique

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

Les communautés du macrozoobenthos rencontrées en zone littorale lacustre (≤ 3 m) répondent majoritairement à des perturbations d'ordre hydromorphologique local, résultant notamment de la qualité et de la diversité des habitats ainsi que, dans une moindre mesure, des propriétés physico-chimiques du sédiment et de l'eau à son interface. Il semble que les pressions d'ordre organique (cycle des nutriments) et chimique (teneurs en oxygène) influencent particulièrement la structure et le fonctionnement des communautés benthiques profondes.

Les travaux de B. Lods-Crozet dans les années 80 ont permis une synthèse des observations anciennes sur la macrofaune de 1837 à 1983 (voir Crozet, 1984). Ils ont mis en évidence l'influence des nombreuses modifications physico-chimiques et biologiques sur la composition de la macrofaune benthique et notamment sur les larves d'insectes en lien avec l'eutrophisation accélérée des eaux du lac, les modifications des biotopes littoraux, les aménagements riverains et les activités humaines.

Entre les années 1950 et 1990 :

- Certains taxons polluosensibles ont fortement régressé ou disparu des rives genevoises, tels que : *Ancylus fluviatilis*, *Physa fontinalis* et *Planorbis carinatus* ;
- Les herbivores et détritivores ont plutôt progressé, tels que : *Radix auricularia*, *Viviparus*, *Bithynia tentaculata*, *Asellus aquaticus*, différents trichoptères ou Chironomidae en lien avec le fort développement végétal ;
- Plusieurs néozoaires invasifs sont apparus et ont rapidement colonisé le Léman comme les moules zébrées.

Les travaux récents sur la qualité écologique du Léman genevois (SECOE, 2016) montrent un état du Petit-Lac considéré comme :

- Bon pour la qualité physico-chimique, l'état sanitaire et la qualité trophique des eaux, avec notamment un retour de certaines espèces végétales indicatrices de changements trophiques ;
- Dégradé pour l'état morphologique des rives genevoises bien que plusieurs renaturations ont été réalisées.

La composition du macrozoobenthos observée en 2017 est typique d'un milieu lacustre littoral. Elle révèle toutefois un état trophique en amélioration puisque certaines espèces, moins tolérantes à une qualité des eaux « dégradée », ont été retrouvées sur plusieurs stations (*Ephemera danica*, *Pisidium personatum*, *Ancylus fluviatilis*).

La richesse spécifique relativement élevée du Léman genevois témoigne d'une hétérogénéité des substrats plutôt favorable à la biodiversité.

Bien que des améliorations de la qualité des eaux aient été observées ces dernières années, certains taxons ne sont encore pas réapparus dans le Léman genevois, tels que certains mollusques, sangsues, odonates, coléoptères, éphéméroptères et trichoptères.

Cela s'explique probablement par :

- Une colonisation des substrats par les néozoaires invasifs, qui entraîne potentiellement une forte compétition spatiale. Leur présence en quantité abondante augmente aussi la prédation et affecte la disponibilité des ressources alimentaires ;
- L'artificialisation des rives, notamment avec les murs ou enrochements, engendre des contraintes importantes sur les fonds lacustres de faible profondeur ;
- La faible présence des grèves caillouteuses naturelles, des roselières et cordons littoraux qui représentent des habitats favorables pour certains invertébrés benthiques ;
- L'absence de biotope terrestre nécessaire à certains insectes adultes, en raison de la forte urbanisation ;
- L'évolution naturelle du lac (cycles naturels d'apparitions d'espèces, de régression/prolifération ou d'extinction) ;
- Des pollutions diverses. Des substances (micropolluants) sont accumulées dans les sédiments et peuvent être bio-disponibles ou sont susceptibles d'être mobilisables engendrant potentiellement des atteintes sur le macrozoobenthos (CIPEL, 2018).

Les efforts entrepris ces dernières décennies, dans le domaine de la protection des eaux lacustres, sont parvenus à diminuer de manière importante la charge en nutriments. Toutefois, l'état du lac Léman se situe toujours dans une période de transition trophique par rapport à son état naturel de référence. L'apport de composés traces organiques (micropolluants) et la renaturation des rives des lacs suisses constituent les principaux défis pour l'assainissement des lacs.

Le cadre légal (LEaux, OEaux 2011) ainsi que les futures planifications stratégiques des lacs (délai à fin 2022) devraient permettre de réduire les principales atteintes écologiques et de recréer des habitats naturels lacustres de qualité pour les biocénoses, tels que grèves caillouteuses naturelles, roselières ou cordons littoraux.

Le présent état des lieux 2017 sur les invertébrés benthiques littoraux devrait être particulièrement utile pour la suite de la planification cantonale de revitalisation des milieux lacustres littoraux.

7. Conclusions

Cette étude permet de disposer d'un nouvel état de référence des communautés du macrozoobenthos présentes dans la zone littorale genevoise et de faire un point de situation quant aux espèces allochtones (invasives ou néozoaires) et à l'évolution générale du milieu aquatique.

En complément, le SECOE a souhaité établir un état initial de la communauté benthique profonde à l'emplacement potentiel du futur rejet des eaux de refroidissement du projet de géothermie Genève Lac Aéroport (GLA).

L'étude de 10 stations riveraines, réparties sur les 2 rives du Léman genevois a permis de recenser un total de 57 taxons dont :

- 25 taxons de mollusques avec 13 gastéropodes et 12 bivalves ;
- 21 taxons d'insectes parmi les coléoptères, diptères, éphémères, hétéroptères, lépidoptères, mégaloptères et trichoptères.

L'étude de la station du Vengeron (Projet GLA) a permis de recenser :

- 11 espèces d'Oligochètes (14 taxons) ;
- 1 espèce de crustacé indigène : *Gammarus pulex* ;
- 3 taxons de diptères de la famille des Chironomidae.

Parmi les 148 taxons observés depuis 1978, 80 ont été recensés en 2017 soit un peu plus de 50 %. Plusieurs taxons ont été recensés pour la première fois dans le Léman genevois :

- 5 taxons indigènes, avec une nouvelle espèce d'Oligochète pour la Suisse et 4 nouvelles espèces pour le Léman genevois ;
- 2 néozoaires invasifs : La moule Quagga (*Dreissena bugensis*) et Corophium (*Chelicorophium curvispinum*) ;

Malgré le retour à une bonne qualité écologique des eaux permettant d'améliorer les conditions de vie de la plupart des espèces, certains taxons historiquement présents semblent avoir disparu, parfois au profit de nouvelles espèces allochtones.

Les déficits observés sur les communautés benthiques sont principalement engendrés par les activités humaines en raison de :

- L'artificialisation et la forte urbanisation des rives ;
- La colonisation et la prolifération d'espèces invasives par l'interconnexion des hydrosystèmes aquatiques.

L'étude des communautés d'Oligochètes au large du Vengeron indique que les sédiments sont potentiellement contaminés par une pollution de type organique et/ou toxique d'origine diverse (probablement en lien avec le cours d'eau du Vengeron). Les futures perturbations physiques ou chimiques pourraient entraîner une modification structurelle du peuplement d'Oligochètes voire entraîner la disparition d'une espèce nouvelle pour la Suisse.

Enfin, l'étude a permis de constituer un état de référence permettant notamment d'évaluer l'impact des futurs projets d'aménagement riverain ou lacustre. Elle devrait être particulièrement utile, comme état de référence, dans le cadre de la planification cantonale de revitalisation des milieux lacustres littoraux.

8. Perspectives

Dans le cadre du futur système d'analyse et d'appréciation des lacs en Suisse (<http://www.systeme-modulaire-gradue.ch>), un module devra être consacré à l'étude de la biocénose macrozoobenthique littorale.

Ce type d'investigations à intervalle régulier, tous les 5 ou 10 ans, permettent de suivre l'évolution du milieu et de montrer des changements significatifs, tels que les améliorations, de la qualité des eaux, des habitats ou l'apparition et l'expansion de néozoaires.

Les résultats du présent inventaire mettent en évidence une grande complexité liée à l'hétérogénéité du milieu littoral genevois, à la biologie ainsi qu'à la phénologie des espèces présentes.

Afin de permettre une plus grande exhaustivité dans les relevés futurs, les améliorations méthodologiques suivantes devraient être envisagées :

- Prélèvements subaquatiques réalisés sur 2 campagnes : au printemps et en été. Certaines espèces d'insectes (E, T 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.
- Echantillonnage des stades adultes des macroinvertébrés lacustres par des piègeages lumineux. Ces relevés complètent les investigations en permettant potentiellement de capturer de nouveaux taxons ou des adultes dont les larves n'étaient pas déterminables. Cela permet ainsi d'augmenter la richesse taxonomique de la station étudiée.

9. Bibliographie

BÄNZIGER R., 1998 : Répartition spatio-temporelle des invertébrés aquatiques en relation avec la dynamique des herbiers littoraux (lac Léman). Thèse, Université de Genève: 120p.

CIPEL, 2018 : La lettre du Léman N° 55 – Janvier 2018.

CROZET B., 1984 : Evolution de la macrofaune benthique littorale du Lac Léman de 1837 à 1983. Revue suisse de Zoologie, Tome 91 – fasc.4 p. 879-894.

DICK J. T. A., PLATVOET D. & KELLY D. W., 2002 : Predatory impact of the freshwater invader *Dikerogammarus villosus* (Crustacea : Amphipoda). Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 59(6): 1078-1084.

DIREV, 2017 : De Source sûre – la qualité des lacs vaudois. Etat de mars 2017.

LACHAVANNE J.-B., JUGE R., OERTLI B., GREENMAN A., 2013 : Flore et faune aquatiques de la grande rade de Genève. Diversité biologique et valeur patrimoniale des espèces. Qualité écologique des peuplements. Evolution et état actuel. Impact potentiel du projet de plage publique des Eaux-Vives et de l'agrandissement du port de la Nautique. Université de Genève, 150 p.

LODS-CROZET B., 1999 : Invertébrés benthiques de la zone littorale du Léman: Evolution depuis le début du siècle. In Bertola. C, Goumand C., Rubin J.-F., Découvrir le Léman: 100 ans après François-Alphonse Forel. Ed. Slatkine, pp. 103-120.

LODS-CROZET B., BAUER B., JUGE R., LACHAVANNE J.-B., PATTAY D., PERFETTA J., 1985 : Répartition et dynamique de la macrofaune benthique en fonction de la profondeur dans le Léman (Petit Lac) : résultats préliminaires. Archives des Sciences Genève 38:23-35.

LODS-CROZET B., REYMOND O., 2005 : Evolution du zoobenthos profond du Léman. CIPEL campagne 2005-06, pp. 141-146.

LODS-CROZET B., REYMOND O., 2006: Bathymetric expansion of an invasive gammarid (*Dikerogammarus villosus*, Crustacea, Amphipoda) in Lake Léman. Journal of Limnology, 65 (2): 141-144.

LODS-CROZET B., GERDEAUX D., PERFETTA J., 2013 : Changement des communautés biologiques littorales et piscicoles dans le Léman en relation avec les pressions sur l'écosystème. Archive des Sciences (2013) 66 : 137-156.

LODS-CROZET B., 2014 : Long-term biomonitoring of invertebrate neozoans in Lake Geneva. Archives des sciences N° 67: 101-108.

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

SANDOZ E., DEMIERRE A., MULATTIERI P., AMANN, N., 2017 : Cartographie des herbiers du littoral lémanique genevois. Genève, 54 pp.

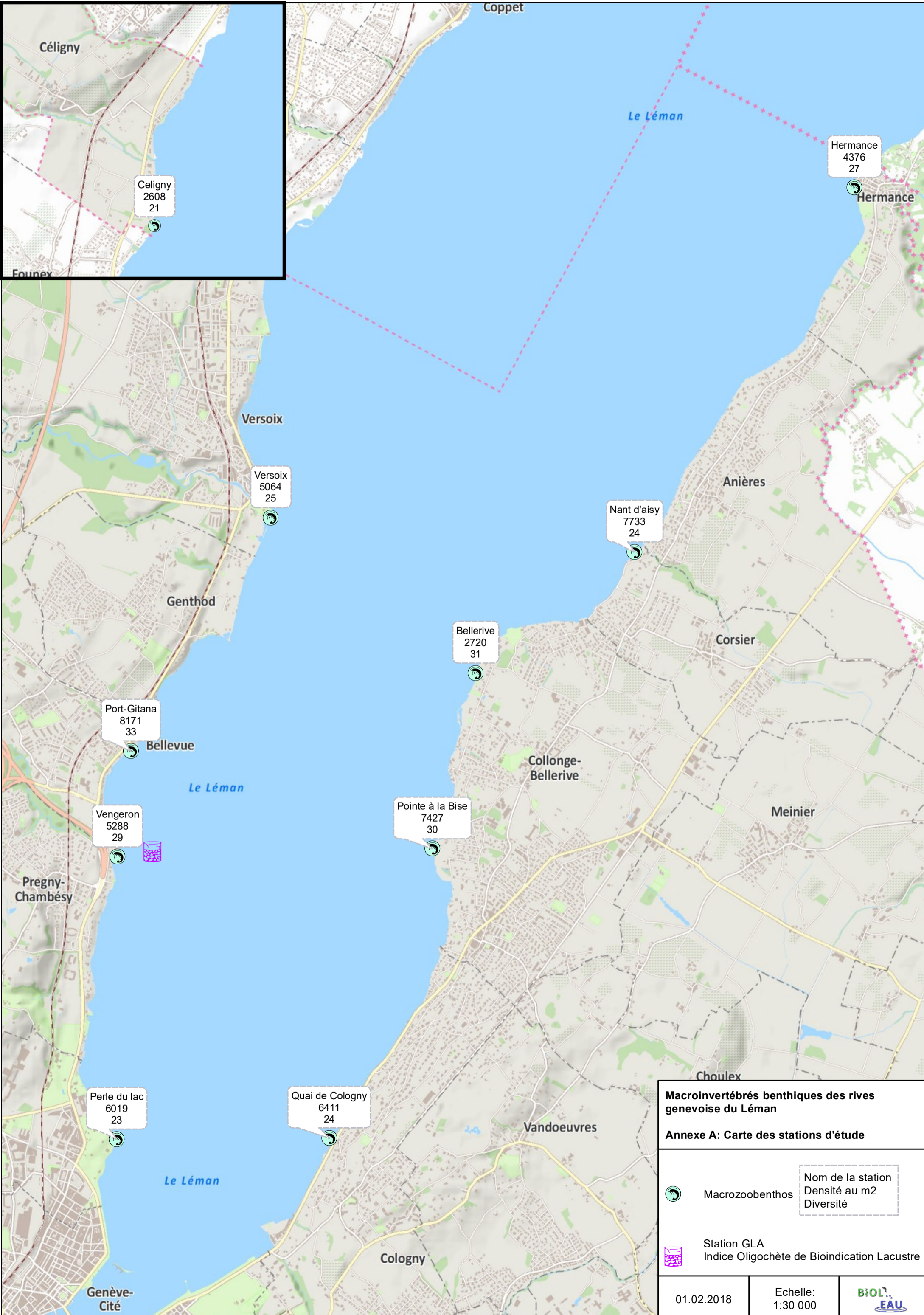
SECOE, 2016 : Etat écologique du petit Lac en 2014 – Evolution depuis 2009. Service de l'écologie de l'eau, canton de Genève, 74 pp.

10. Annexes

Annexe A : Carte des stations et principaux résultats

Annexe B : Rapport sur l'évaluation IOBL de la station GLA (centre Ecotox)

Annexe C : Listes faunistiques



Céligny
2608
21

Hermance
4376
27

Versoix
5064
25

Nant d'aisy
7733
24

Bellerive
2720
31

Port-Gitana
8171
33

Pointe à la Bise
7427
30

Vengeron
5288
29

Perle du lac
6019
23

Quai de Cologny
6411
24

Macroinvertébrés benthiques des rives genevoise du Léman

Annexe A: Carte des stations d'étude

	Macrozoobenthos	Nom de la station Densité au m2 Diversité
	Station GLA	Indice Oligochète de Bioindication Lacustre

Evaluation de l'état écologique des sédiments du Petit-Lac (Léman) à hauteur de la plage du Vengeron Compte-rendu / Résultats

Sur mandat de: Biol'Eau Sàrl
Contact: Pascal Mulattieri, pascal.mulattieri@biol-eau.ch
Auteurs: Régis Vivien, regis.vivien@centreecotox.ch
Benoît Ferrari, benoit.ferrari@centreecotox.ch
Crée le: 21.11.2017

Introduction

Le présent travail porte sur l'étude des peuplements d'oligochètes des sédiments du Petit-Lac (Léman) à l'emplacement des futurs travaux de géothermie du projet GLA (Genève Lac Aéroport) et du futur rejet, à hauteur de la plage du Vengeron.

Les oligochètes sont inféodés aux sédiments, sont peu mobiles et ont une longue durée de vie (jusqu'à plusieurs années) (Lafont, 1983). Ils se situent principalement dans les 5-10 premiers centimètres des sédiments. Ils intègrent à court, moyen et long terme au niveau de leur diversité et de leur abondance les perturbations ponctuelles et chroniques que subit leur habitat. Cette taxocénose comprend un grand nombre d'espèces allant de sensibles à très résistantes aux pollutions (organiques et toxiques) (Lafont, 1989 ; Rodriguez & Reynoldson, 2011). Les oligochètes jouent un rôle important dans la minéralisation de la matière organique des sédiments (Lafont et al., 2012). L'analyse des peuplements d'oligochètes d'un lac permet d'estimer la capacité des sédiments à assimiler et à recycler les substances nutritives et d'évaluer le degré de pollution des sédiments (AFNOR, 2016 ; Lafont, 2007 ; Lafont et al., 2012).

Le but de cette étude est de déterminer l'état écologique initial des sédiments du site, avant le début des travaux de géothermie. Les résultats obtenus sont comparés à ceux d'études antérieures sur les peuplements d'oligochètes effectuées dans le Petit-Lac. Il est prévu de réévaluer l'état écologique au même emplacement après les travaux pour déterminer l'effet d'éventuelles pollutions liées à la construction et à l'activité de cet ouvrage.

Matériel, Méthodes et station étudiée

Stations étudiées

Le site étudié se situe à hauteur de la plage du Vengeron, à 10m de profondeur. Les coordonnées géographiques sont 2501201 / 1122347. Les prélèvements ont été réalisés le 4 septembre 2017.

Examen des peuplements d'oligochètes

Les prélèvements ont été effectués à 3 endroits différents espacés de 5 mètres à l'aide de carottiers (4 carottes par endroits). Les sédiments ont été fixés au formol tamponné (pH neutre) 18-20 % sur le terrain (concentration finale d'environ 4%). Au laboratoire, le tamisage des sédiments a été effectué au moyen d'un tamis de vide de maille de 0,5 mm. Le refus du tamis a été transféré dans une cuve de sous-échantillonnage compartimentée en 25 cases carrées de surface égale.



Le contenu de cases choisies au hasard a été transféré dans une boîte de Petri et examiné avec une loupe binoculaire. Des cases successives ont été examinées jusqu'à l'obtention d'un total de 100 spécimens identifiables. Les oligochètes ont été montés entre lame et lamelle dans une solution d'enrobage permanente composée d'acide lactique, de glycérol et d'alcool polyvinylique (mowiol 4-88). Ils ont été identifiés par microscopie optique à l'espèce si possible ou au genre ou à la famille/sous-famille.

Les peuplements d'oligochètes ont été analysés en déterminant divers indicateurs :

- L'indice de bioindication des sédiments lacustres IOBL
- Les pourcentages des espèces indicatrices et en particulier le pourcentage des espèces sensibles aux pollutions organiques et toxiques

L'indice IOBL permet d'évaluer les potentialités des sédiments à assimiler et à recycler les substances nutritives de l'eau et des sédiments (AFNOR, 2016). Le calcul de l'IOBL est réalisé à l'aide de la formule (1) suivante :

$$IOBL = S + 3 \log_{10} (D+1) \quad (1)$$

où S = nombre de taxons identifiés parmi les 100 oligochètes et D = densité d'oligochètes par 0,1 m².

Cet indice, qui donne une information sur le fonctionnement du milieu, permet de définir 6 classes de potentiel métabolique (Tab. 1).

Tableau 1 : Interprétation des valeurs IOBL en classes de potentiel métabolique des sédiments lacustres selon la norme AFNOR (2016)

Valeur IOBL	Classe de potentiel métabolique
IOBL > 15	Fort (grands lacs)
10 ≤ IOBL ≤ 15	Fort
6,1 ≤ IOBL ≤ 9,9	Moyen
3,1 ≤ IOBL ≤ 6	Faible
IOBL ≤ 3	Très faible
IOBL = 0	Nul (absence d'oligochètes)

L'examen des espèces indicatrices permet d'affiner le diagnostic en apportant des informations entre autres sur l'état trophique du milieu (oligotrophe ou non oligotrophe) et sur l'effet de rejets toxiques ou d'impasses trophiques naturelles (Lafont, 2007 ; Lafont et al., 2012). Les espèces d'oligochètes sont regroupées en 4 principaux groupes écologiques, décrits dans le tableau 2.

Tableau 2 : Présentation des différents groupes écologiques des espèces d'oligochètes ; modifié, d'après Lafont (2007) et Lafont et al. (2012)

Groupe	Indications
1	Espèces sensibles aux pollutions
2	Espèces moyennement sensibles aux pollutions (état intermédiaire)
3	Espèces indicatrices de dystrophie naturelle ou impasse trophique (présence de matière organique non ou peu bioassimilable, telle que la tourbe, végétaux mal décomposés, etc.)
4	Espèces résistantes aux pollutions



La qualité biologique des sédiments est évaluée en fonction du pourcentage d'espèces sensibles aux pollutions (Lafont, 2007; AFNOR, 2016) (Tab. 3).

Tableau 3 : Grille d'interprétation des espèces sensibles d'oligochètes selon la norme AFNOR (2016) et Lafont (2007)

% espèces sensibles	Diagnostic
> 50%	Très bonne qualité des sédiments
> 20 - ≤ 50%	Bonne qualité des sédiments
> 10 - ≤ 20%	Qualité moyenne des sédiments
> 5 - ≤ 10%	Qualité médiocre des sédiments et/ou dystrophie naturelle
≤ 5%	Mauvaise qualité des sédiments et/ou dystrophie naturelle

Un faible potentiel métabolique ($IOBL \leq 6$) peut être obtenu lorsque le milieu est naturellement peu productif et non ou peu pollué (espèces sensibles du groupe 1 > 20 %), lorsqu'il est en impasse trophique (=dystrophie) d'origine naturelle (prédominance des espèces du groupe 3) ou lorsqu'il est en impasse trophique d'origine humaine (prédominance des espèces du groupe 4). Dans ce dernier cas, le milieu n'arrive pas à assimiler les nutriments, soit parce que ces derniers sont trop abondants, soit parce que des substances toxiques inhibent les processus d'assimilation.

Un fort potentiel métabolique ($IOBL \geq 10$) indique une bonne capacité des sédiments à assimiler et à recycler les substances nutritives, indépendamment de la qualité biologique du milieu. Les sédiments peuvent être de bonne/très bonne qualité lorsque le pourcentage des espèces du groupe 1 est > 20 %, ou pollués (toxicité, eutrophisation), lorsque le % des espèces du groupe 1 est faible et celui du groupe 4 élevé.

A noter que les Tubificinae avec soies capillaires non reconnaissables à l'état immature peuvent appartenir aux groupes 3 ou 4. Dans le cas où aucune forme mature de ce groupe n'est présente dans un échantillon, il n'est pas possible de se prononcer si la perturbation est due à une impasse trophique naturelle ou à une pollution. Les Tubificinae sans soies capillaires non reconnaissables à l'état immature peuvent appartenir aux groupes 2 ou 4. Toutes les espèces de Tubificinae sans soies capillaires appartiennent au groupe 4, sauf *Limnodrilus profundicola* (groupe 2).

Résultats

Peuplements d'oligochètes

Un assez grand nombre de taxons (14) a été rencontré sur ce site (Tab. 4). Trois familles/sous-familles sont représentées : les Tubificinae (10 taxons), les Lumbriculidae (2 taxons) et les Naidinae (2 taxons). L'espèce *Psammoryctides moravicus*, présente dans l'échantillon en faible effectif, est nouvellement mentionnée en Suisse. Elle peut être considérée comme très rare en Suisse. L'espèce *Aulodrilus limnobius* n'a plus été mentionnée dans le Léman depuis 1980. Elle est généralement retrouvée en Suisse dans les cours d'eau. Sa présence au niveau de ce site peut être expliquée par la proximité des rives et par la faible profondeur des sédiments échantillonnés. Cette espèce est rare dans la région genevoise (Vivien & Lafont, 2013) et en Suisse. Les autres espèces de notre échantillon sont communes en Suisse.



Tableau 4 : liste des taxons rencontrés et relevé du nombre de spécimens par taxon; le(s) groupe(s) écologique(s) de chaque taxon est(ont) indiqué(s) entre parenthèses ; * = espèce rare en Suisse, ** = espèce nouvelle pour la Suisse

Famille/sous-famille	Taxon	
Tubificinae (Naididae)	Tubificinae avec soies capillaires non reconnaissables à l'état immature (3 ou 4)	33
	<i>Psammoryctides barbatus</i> (1)	2
	<i>Psammoryctides moravicus</i> (1) **	3
	<i>Spirosperma ferox</i> (2)	5
	<i>Potamothrix heuscheri</i> (4)	1
	<i>Potamothrix vej dovskyi</i> (2)	1
	Tubificinae sans soies capillaires non reconnaissables à l'état immature (2 ou 4)	25
	<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> (4)	11
	<i>Potamothrix moldaviensis</i> (4 ?)	7
	<i>Aulodrilus limnobius</i> (3 ?) *	3
Lumbriculidae	Lumbriculidae non reconnaissables à l'état immature (1)	1
	<i>Lumbriculus variegatus</i> (4)	2
Naidinae (Naididae)	<i>Piguetiella blanci</i> (1)	5
	<i>Dero digitata</i> (4)	1

Potentiel métabolique et qualité biologique

Les résultats des oligochètes sont décrits dans le tableau 5 ainsi que dans les annexes 1 et 2. Les peuplements observés indiquent un fort potentiel métabolique. Ce résultat est en grande partie expliqué par le nombre élevé de taxons. La densité d'oligochètes est modérée.

Le % de taxons sensibles correspond à une qualité biologique moyenne, juste à la limite médiocre-moyenne. L'espèce *Spirosperma ferox*, présente dans notre échantillon (5 spécimens), est considérée comme moyennement sensible (groupe 2) aux pollutions par Lafont (2016), mais comme sensible par Lods-Crozet (2011). Si l'on considère cette espèce comme sensible, le % de taxons sensibles de l'échantillon est de 16 %, ce qui améliore la qualité qui néanmoins reste moyenne. Le % des espèces résistantes du groupe 4 est élevé (22 %). De plus, le % de Tubificinae (avec ou sans soies capillaires) sous forme immature est très élevé. Le groupe des Tubificinae à l'état immature renferme certainement une part importante d'espèces résistantes.

Tableau 5 : Résumé des résultats des oligochètes (densité, indice IOBL, potentiel métabolique, % d'espèces sensibles aux pollutions et qualité biologique)

Densité d'oligochètes / 0.1m ²	461
Indice IOBL	22
Potentiel métabolique	Fort
% espèces sensibles aux pollutions (groupe 1)	11
Qualité biologique	Moyenne



Données antérieures des peuplements d'oligochètes du Petit-Lac

Divers travaux sur l'étude des peuplements d'oligochètes du Petit-Lac ont été entrepris (Lang, 1997 ; Lang & Reymond, 1995 ; Lods-Crozet, 2011 ; Lods Crozet, 2006). Seuls les travaux de Lods-Crozet (2011) et Lods Crozet (2006) ont été utilisés dans le présent rapport. Dans les travaux de Lang (1997) et Lang & Reymond (1995), les spécimens d'oligochètes de diamètre < 3mm et les Naidinae n'ont pas été pris en considération. Ces données ne sont donc pas comparables aux nôtres et les indicateurs oligochètes proposés par Lafont (2007) et Lafont et al. (2012) ne peuvent pas être appliquées sur ces données.

Lods-Crozet (2011) a étudié en 2009 les peuplements de macroinvertébrés benthiques, dont les oligochètes, au niveau de 3 transects perpendiculaires à la rive (profondeurs 15m, 40m et 71m au niveau de chaque transect), à hauteur de Coppet - Chevrens, Founex - Tougues et Coppet - Chevrens. Ces transects se situent au niveau des trois principales fosses du Petit-Lac. L'indice IOBL et le % d'espèces sensibles de chacun de ces 9 sites ont été calculées à partir des données brutes de cette étude fournies par Brigitte Lods-Crozet. Alors que les valeurs de l'IOBL sont toutes > 10 (fort potentiel métabolique), les % d'espèces sensibles se situent entre 1 et 5 (mauvaise qualité) au niveau de 7 sites et entre 6 et 10 (qualité médiocre) au niveau de 2 sites. Au niveau de ces 9 sites, la qualité biologique s'était dégradée par rapport aux résultats obtenus sur ces mêmes sites en 1994 et 1999. L'explication de cette dégradation avancée par l'auteure est l'augmentation de la production phytoplanctonique depuis le début des années 2000 et l'accumulation de la matière organique qui en résulte dans les fosses.

Ces résultats contrastent très nettement avec ceux obtenus dans la barre d'Yvoire en 2006 (Lods-Crozet, 2006), dans une zone en dehors de toute fosse. Dans cette étude, les peuplements de macroinvertébrés benthiques, dont les oligochètes, ont été étudiés au niveau de 11 sites proches les uns des autres. L'indice IOBL et le % d'espèces sensibles de chacun de ces 11 sites ont été calculés à partir des données brutes de cette étude fournies par Brigitte Lods-Crozet. Les valeurs d'IOBL se situent entre 6,1 et 10 (potentiel métabolique moyen) sur 6 sites et sont > 10 sur 5 sites (fort potentiel métabolique). Les % d'espèces sensibles se situent entre 20 et 50 (bonne qualité biologique) sur 3 sites et sont > 50 (très bonne qualité biologique) sur 8 sites. De plus, les densités d'oligochètes sont faibles à modérées. Ces résultats suggèrent un état d'oligo-mésotrophie à cet endroit du lac et une absence de pollution de type toxique.

Discussion et conclusion

Les peuplements d'oligochètes indiquent, avant le début des travaux, une forte capacité des sédiments à assimiler la matière organique et une qualité biologique moyenne. Une pollution de type organique et/ou toxique peut déjà être suspectée.

Les résultats antérieurs sur les peuplements d'oligochètes du Petit-Lac montrent une grande variation de la qualité biologique. Elle peut être bonne/très bonne à des endroits situés en dehors de zones d'accumulation et mauvaise/médiocre au niveau de fosses. Bien que les concentrations de phosphates dans les eaux du Léman ont nettement baissé depuis les années 1980, une faune caractéristique d'un bon état écologique ne s'est globalement pas reconstituée dans les sédiments (Lang, 2009). La présence dans les sédiments de divers polluants, tels que les métaux ou les micropolluants organiques (par exemples PCB, PAH, pesticides et contaminants émergents) (Loizeau et al., 2017), apportés dans le lac par voie diffuse et ponctuelle, pourrait en être la cause. De plus, des pollutions endogènes peuvent aussi perturber le milieu.

La pollution de notre site d'étude est probablement d'origine diverse. Parmi les sources possibles de pollution, citons le ruisseau du Vengeron (affluent du Léman), dont l'embouchure se situe à proximité du site et dont les eaux sont globalement polluées (SECOE, 2015).

Une éventuelle pollution liée à la mise en place et à l'activité de l'ouvrage de géothermie se traduirait par une baisse du pourcentage d'espèces sensibles et moyennement sensibles et par une hausse du pourcentage des espèces résistantes, avec ou sans modification du potentiel



métabolique. Ce dernier pourrait baisser en cas d'inhibition des processus d'assimilation de la matière organique par des substances toxiques. Les perturbations de type physique liées à cet ouvrage (variations brusques de température, élévation de la température) pourraient également entraîner une modification de la structure des peuplements d'oligochètes.

On ne peut pas exclure que l'espèce *Psammoryctides moravicus* soit présente en Suisse uniquement au niveau du site étudié. Le cas échéant, les travaux de géothermie pourraient entraîner sa disparition. Il serait important de vérifier si cette espèce est présente dans des zones hors du périmètre d'influence du projet pour s'assurer qu'elle se maintiendra dans le Léman malgré les futurs travaux de géothermie.

Références bibliographiques

AFNOR, 2016, Qualité de l'eau – Echantillonnage, traitement et analyse des Oligochètes dans les sédiments des eaux de surface continentales. Association française de normalisation (AFNOR), NF T 90-393 : 14 pp. + annexes

Lafont M., 1989, Contribution à la gestion des eaux continentales : utilisation des Oligochètes comme descripteurs de l'état biologique et du degré de pollution des eaux et des sédiments. *Thèse de Doctorat d'Etat ès Sciences, UCBL Lyon I* : 311 pp. + annexes

Lafont M., 2007, Interprétation de l'indice lacustre IOBL et son intégration dans un système d'évaluation de l'état écologique, Cemagref/MEDAD, Lyon, France : 18 pp.

Lafont M., Tixier G., Marsalek J., Jézéquel C., Breil P., Schmitt L., 2012, From Research to Operational Biomonitoring of Freshwaters: A Suggested Conceptual Framework and Practical Solutions. *Ecology & Hydrobiology* 12 : 9-20

Lang C., 1997, Oligochaetes, organic sedimentation, and trophic state: how to assess the biological recovery of sediments in lakes ? *Aquatic sciences* 59 : 26-33

Lang C., 2009, Indices basé sur les oligochètes et les chironomes indiquant la restauration écologique des sédiments du Léman. *Bulletin de la société vaudoise des sciences naturelles* 91 : 283-300

Lang C. & Reymond O., 1995, Etat trophique du petit lac en 1994 indiqué par les communautés de vers. Campagne 1994. *Rapport scientifique de la Commission Internationale pour la protection des eaux du Léman contre la pollution*, pp. 193-197

Lods Crozet B., 2006, données non publiées obtenues au niveau de la barre d'Yvoire, Laboratoire du Service des eaux, sols et assainissement (SESA), Epalinges, Suisse

Lods-Crozet B., 2011, Evolution du zoobenthos du Léman (Petit lac). Campagne 2009. *Rapport scientifique de la Commission Internationale pour la protection des eaux du Léman contre la pollution*, pp. 143-151

Loizeau J.-L., Makri S., Arpagaus P., Ferrari B., Casado-Martinez C., Benejam T., Marchand P., 2017, Micropolluants métalliques et organiques dans les sédiments superficiels du Léman. Campagne 2016. *Rapport scientifique de la Commission internationale pour la protection des eaux du Léman contre la pollution*, pp. 143-198

Rodriguez P. & Reynoldson T.B. 2011. The Pollution Biology of Aquatic Oligochaetes. Ed. Springer Science+Business Media, Dordrecht, Netherlands : 265 pp.



SECOE, 2015, Monitoring des rivières 2015, Synthèse de la qualité physico-chimique et biologique. Département de l'environnement, des transports et de l'agriculture (DETA), Direction générale de l'eau, Genève, Suisse : 14 pp.

Vivien R., Lafont M. Diversité des oligochètes aquatiques dans la région genevoise. *Revue suisse de zoologie* 120 : 161-173



ANNEXES

Annexe 1 : Relevé des pourcentages des 6 groupes écologiques décrits dans Lafont (2007) et Lafont et al. (2012)

<i>% espèces sensibles aux pollutions (groupe 1)</i>	11
<i>% espèces moyennement sensibles (intermédiaire) (groupe 2)</i>	6
<i>% espèces indicatrices de dystrophie naturelle (groupe 3)</i>	0
<i>% espèces résistantes aux pollutions (groupe 4)</i>	22
<i>% espèces indicatrices d'échanges hydriques actifs entre les eaux superficielles et les eaux souterraines (gr. 5)</i>	0
<i>% espèces probablement liées à un réchauffement climatique (gr. 6)</i>	0

Annexe 2 : Détail des calculs de la densité d'oligochètes par 0,1 m² et de l'IOBL

<i>surface en m²</i>	0,0603
<i>nombre total de spécimens</i>	100
<i>nombre de cases prospectées</i>	9
<i>densité par 0,1 m²</i>	461
<i>nombre de taxons</i>	14
<i>IOBL</i>	22

Plan d'eau : Lac Léman		Protocole-Laboratoire					Date : 28.08.2017						
Lieu : Rive droite							Déterminateur et Leg.: P. Mulattieri						
N° station		1	2	3	4	5	N° station		1	2	3	4	5
Emplacement		Céligny	Versoix	Port-Gitana	Vengeron	Perle du lac	Emplacement		Céligny	Versoix	Port-Gitana	Vengeron	Perle du lac
Coordonnées		505214 132769	502307 125471	500998 123289	500872 122302	500866 119665	Coordonnées		505214 132769	502307 125471	500998 123289	500872 122302	500866 119665
LISTE DES TAXONS	Espèces												
PLATYHELMINTHES							ARTHROPODA						
	Dugesidae			20			Arachnida (Inf.-Cl.) Acari						
	<i>Dugesia / Girardia sp.</i>			20			Hydracarina						
"NEMATHELMINTHES"		1					Malacostraca (Crustacea)						
ANNELIDA							Amphipoda						
Hirudinea							Corophiidae	2	21	2			
	Erpobdellidae			10	1		<i>Chelicorophium curvispinum</i>	2	21	2			
	<i>Erpobdella sp.</i>			10	1		Gammaridae	108	299	370	298	125	
	Glossiphoniidae			8	2	1	<i>Dikerogammarus villosus</i>	108	299	370	298	125	
	<i>Helobdella stagnalis</i>			8	2	1	Isopoda						
	<i>Glossiphonia sp.</i>						Asellidae			58			
	Piscicolidae						<i>Asellus aquaticus</i>			58			
	<i>Piscicola geometra</i>						Decapoda						
Oligochaeta		76	180	205	181	60	Astacidae						
							<i>Pacifastacus leniusculus</i>						
MOLLUSCA							Insecta						
Gastropoda							Ephemeroptera						
	Ancylidae (Tachet)	9	76	25	6	41	Baetidae						1
	<i>Ancylus fluviatilis</i>	9	76	25	6	41							1
	Bithyniidae		4	55			Caenidae	30	2	46	9	51	
	<i>Bithynia tentaculata</i>		4	55			<i>Caenis horaria</i>	2					
	Hydrobiidae	133	273	1125	948	1500	<i>Caenis luctuosa</i>	28	2	48	9	52	
	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	133	273	1125	948	1500	Ephemeraidae						
	Lymnaeidae		14	2	6	3	<i>Ephemera danica</i>	1					3
	<i>Lymnae stagnalis</i>					2		1					3
	<i>Radix auricularia</i>			1	1		Trichoptera						
	<i>Radix balthica</i>		14	1	5	1	Ecnomidae						2
	Physidae				3		<i>Ecnomus tenellus</i>						2
	<i>Haitia acuta (Physella acuta)</i>				3		Hydroptilidae					1	
	Planorbidae		6	19	4		<i>Agraylea multipunctata</i>						1
	<i>Anisus septemgyratus</i>						<i>Agraylea sexmaculata</i>						
	<i>Gyraulus albus</i>		6	19	4		Leptoceridae	14	14	18	12	23	
	<i>Gyraulus parvus</i>						<i>Athripsodes sp.</i>	3	2	1			
	Valvatidae		1	2	1		<i>Mystacides azurea</i>	3	5	1	4	3	
	<i>Valvata piscinalis</i>		1		1		<i>Mystacides longicornis</i>			1	1		
	<i>Valvata cristata</i>			2			<i>Mystacides sp.</i>		4	11	4	9	
	Viviparidae		1				<i>Oecetis sp.</i>	2	1	1		2	
	<i>Viviparus ater</i>		1				Leptoceridae indeternimable	6	2	3	3	9	
Bivalvia							Psychomyiidae	3		2	4		
	Corbiculidae						<i>Tinodes waeneri</i>	3		2	4		
	Dreissenidae	188	579	680	143	290	Heteroptera						
	<i>Dreissena polymorpha</i>	x	x	x	x	x	Corixidae <i>Micronecta sp.</i>						
	<i>Dreissena bugensis</i>	x	x	x	x	x	Diptera						
	Sphaeriidae	171	39	140	103	9	Chironomidae	242	223	75	142	105	
	<i>Musculium lacustre</i>				1		Lepidoptera						
	<i>Pisidium amnicum</i>	1			1		Crambidae		3			1	
	<i>Pisidium casertanum</i>		5	6	15	2	<i>Acentria ephemerella</i>		3			1	
	<i>Pisidium henslowanum</i>	65	1	3	1		Megaloptera						
	<i>Pisidium nitidum</i>	17	1	29			Sialidae <i>Sialis sp.</i>						
	<i>Pisidium millium</i>			4	8		Coleoptera						
	<i>Pisidium personatum</i>				1		Elmidae <i>Limnius sp.</i>		4				
	<i>Pisidium subtruncatum</i>					1	Halplidae <i>Halplius sp.</i>			4			
	<i>Pisidium sp. juveniles</i>	88	32	98	77	6							
	<i>Sphaerium comeum</i>												
Remarques / autres observations:													
- La station N°1 - Céligny correspond à un ancien site d'extraction de molasse													
- La station N° 4 - Vengeron abritait beaucoup d'algues filamenteuses et de macrodéchets													

Plan d'eau :		Lac Léman					Protocole-Laboratoire					Date : 28.08.2017				
Lieu :		Rive droite - Macrophytes					Déterminateur et Leg.: P. Mulattieri									
N° station		1	2	3	4	5	N° station		1	2	3	4	5			
Emplacement		Céligny	Versoix	Port-Gitana	Vengeron	Perle du lac	Emplacement		Céligny	Versoix	Port-Gitana	Vengeron	Perle du lac			
Coordonnées		505214 132769	502307 125471	500998 123289	500872 122302	500866 119665	Coordonnées		505214 132769	502307 125471	500998 123289	500872 122302	500866 119665			
LISTE DES TAXONS	Espèces						LISTE DES TAXONS									
PLATYHELMINTHES							ARTHROPODA									
	Dugesidae						Arachnida (Inf.-Cl.) Acari									
	<i>Dugesia / Girardia sp.</i>						Hydracarina									
"NEMATHELMINTHES"							Malacostraca (Crustacea)									
ANNELIDA							Amphipoda									
Hirudinea							Corophiidae		25		4					
	Erpobdellidae			1			<i>Chelicorophium curvispinum</i>		25		4					
	<i>Erpobdella sp.</i>			1			Gammaridae		23	40	29	11				
	Glossiphoniidae						<i>Dikerogammarus villosus</i>		23	40	29	11				
	<i>Helobdella stagnalis</i>						Isopoda									
	<i>Glossiphonia sp.</i>						Asellidae									
	Piscicolidae						<i>Asellus aquaticus</i>									
	<i>Piscicola geometra</i>						Decapoda									
Oligochaeta			4	1			Astacidae									
MOLLUSCA							<i>Pacifastacus leniusculus</i>									
Gastropoda							Insecta									
	Ancylidae (Tachet)		1				Ephemeroptera									
	<i>Ancylus fluviatilis</i>		1				Baetidae									
	Bithyniidae			2			<i>Cloeon simile</i>									
	<i>Bithynia tentaculata</i>			2			Caenidae									
	Hydrobiidae		17	6	38	27	<i>Caenis horaria</i>									
	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>		17	6	38	27	<i>Caenis luctuosa</i>									
	Lymnaeidae		12	1	8		Ephemeridae									
	<i>Lymnae stagnalis</i>			1			<i>Ephemera danica</i>									
	<i>Radix auricularia</i>						Trichoptera									
	<i>Radix balthica</i>		12		8		Ecnomidae									
	Physidae					1	<i>Ecnomus tenellus</i>									
	<i>Haitia acuta (Physella acuta)</i>					1	Hydroptilidae									
	Planorbidae		3	3	2		<i>Agraylea multipunctata</i>									
	<i>Anisus septemgyratus</i>						<i>Agraylea sexmaculata</i>									
	<i>Gyraulus albus</i>		3	3	2		Leptoceridae									
	<i>Gyraulus parvus</i>						<i>Athripsodes sp.</i>					2				
	Valvatidae						<i>Mystacides azurea</i>					2				
	<i>Valvata piscinalis</i>						<i>Mystacides longicornis</i>									
	<i>Valvata cristata</i>						<i>Mystacides sp.</i>									
	Viviparidae			1			<i>Oecetis sp.</i>									
	<i>Viviparus ater</i>			1			Leptoceridae indeterminable									
Bivalvia							Psychomyiidae									
	Corbiculidae						<i>Tinodes waeneri</i>									
	Dreissenidae		70	140		1	Heteroptera									
	<i>Dreissena polymorpha</i>		x	x		x	Corixidae <i>Micronecta sp.</i>									
	<i>Dreissena bugensis</i>		x	x			Diptera									
	Sphaeriidae						Chironomidae		2	1	35	1				
	<i>Musculium lacustre</i>						Lepidoptera									
	<i>Pisidium amnicum</i>						Crambidae		3							
	<i>Pisidium casertanum</i>						<i>Acentria ephemerella</i>		3							
	<i>Pisidium henslowanum</i>						Megaloptera									
	<i>Pisidium nitidum</i>						Sialidae <i>Sialis sp.</i>									
	<i>Pisidium millium</i>						Coleoptera									
	<i>Pisidium personatum</i>						Elmidae <i>Limnius sp.</i>									
	<i>Pisidium subtruncatum</i>						Halipidae <i>Halipus sp.</i>									
	<i>Pisidium sp. juveniles</i>															
	<i>Sphaerium corneum</i>															
Remarques / autres observations:																
- La station N°1 - Céligny correspond à un ancien site d'extraction de molasse																
- La station N° 4 - Vengeron abritait beaucoup d'algues filamenteuses et de macrodéchets																

Plan d'eau : Lac Léman		Protocole-Laboratoire					Date : 28.08.2017						
Lieu : Rive gauche		Déterminateur et Leg.: P. Mulattieri											
N° station		6	7	8	9	10	N° station		6	7	8	9	10
Emplacement		Hermance	Nant d'aisy	Bellerive	P. a la Bise	Quai Cologny	Emplacement		Hermance	Nant d'aisy	Bellerive	P. a la Bise	Quai Cologny
Coordonnées		507765 128556	505710 125150	504224 124018	503818 122378	502854 119674	Coordonnées		507765 128556	505710 125150	504224 124018	503818 122378	502854 119674
LISTE DES TAXONS	Espèces												
PLATYHELMINTHES							ARTHROPODA						
	Dugesidae	15			2		Arachnida (Inf.-Cl.) Acari						
	<i>Dugesia / Girardia sp.</i>	15			2		Hydracarina	1					
"NEMATHELMINTHES"							Malacostraca (Crustacea)						
ANNELIDA							Amphipoda						
Hirudinea							Corophiidae	2					3
	Erpobdellidae	6		2			<i>Chelicorophium curvispinum</i>	2					3
	<i>Erpobdella sp.</i>	6		2			Gammaridae	93	236	69	59		119
	Glossiphoniidae			1	3	1	<i>Dikerogammarus villosus</i>	93	236	69	59		119
	<i>Helobdella stagnalis</i>				3	1							
	<i>Glossiphonia sp.</i>			1			Isopoda						
	Piscicolidae				3		Asellidae	7		1			
	<i>Piscicola geometra</i>				3		<i>Asellus aquaticus</i>	7		1			
Oligochaeta		50	86	60	87	62	Decapoda						
							Astacidae	1					
MOLLUSCA							<i>Pacifastacus leniusculus</i>	1					
Gastropoda							Insecta						
	Ancylidae (Tachet)	7	71		3	91	Ephemeroptera					54	
	<i>Ancylus fluviatilis</i>	7	71		3	91	Baetidae						
	Bithyniidae	30		1	66	1	<i>Cloeon simile</i>					62	
	<i>Bithynia tentaculata</i>	30		1	66	1	Caenidae	7	33	20	59		22
	Hydrobiidae	450	1500	53	1500	1500	<i>Caenis horaria</i>	7	34	20	61		22
	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	450	1500	53	1500	1500	<i>Caenis luctuosa</i>						
	Lymnaeidae	2	7		8	59	Ephemeridae						
	<i>Lymnae stagnalis</i>				1		<i>Ephemera danica</i>						
	<i>Radix auricularia</i>		1				Trichoptera						
	<i>Radix balthica</i>	2	6		7	59	Ecnomidae				1		
	Physidae	39	6	1	4		<i>Ecnomus tenellus</i>				1		
	<i>Haitia acuta (Physella acuta)</i>	39	6	1	4		Hydroptilidae	1		6	3		
	Planorbidae	17	13	3	24	1	<i>Agraylea multipunctata</i>	1		6	3		
	<i>Anisus septemgyratus</i>			1			<i>Agraylea sexmaculata</i>						
	<i>Gyraulus albus</i>	2	13	2	24	1	Leptoceridae	19	8	4	33		15
	<i>Gyraulus parvus</i>	15					<i>Athripsodes sp.</i>	12	4	1			
	Valvatidae			4			<i>Mystacides azurea</i>	4	1	2	2		4
	<i>Valvata piscinalis</i>			4			<i>Mystacides longicornis</i>					5	
	<i>Valvata cristata</i>						<i>Mystacides sp.</i>	2				11	4
	Viviparidae			1		1	<i>Oecetis sp.</i>		3	1	2		
	<i>Viviparus ater</i>			1		1	Leptoceridae indeterninable						
Bivalvia							Psychomyiidae	8		2	5		1
	Corbiculidae						<i>Tinodes waeneri</i>	8		2	5		1
	Dreissenidae	175	430	298	600	292	Heteroptera					25	
	<i>Dreissena polymorpha</i>	x	x	x	x	x	Corixidae <i>Micronecta sp.</i>						
	<i>Dreissena bugensis</i>	x	x	x	x	x	Diptera	156	98	379	128		57
	Sphaeriidae	25	120	25	122	131	Chironomidae						
	<i>Musculium lacustre</i>						Crambidae		1	1			
	<i>Pisidium amnicum</i>		5				<i>Acentria ephemerella</i>		1	1			
	<i>Pisidium casertanum</i>		6		11	4	Megaloptera						
	<i>Pisidium henslowanum</i>	1	14		8	2	Sialidae <i>Sialis sp.</i>				1		
	<i>Pisidium nitidum</i>	10	20	6	27	59	Coleoptera						
	<i>Pisidium millium</i>			1	2	3	Elmidae <i>Limnius sp.</i>						
	<i>Pisidium personatum</i>		2				Halplidae <i>Halipus sp.</i>						
	<i>Pisidium subtruncatum</i>				1	1							
	<i>Pisidium sp. juveniles</i>	14	73	17	73	62							
	<i>Sphaerium corneum</i>			1									
Remarques / autres observations:													
- Présence d'Argulus sp., sur la station N° 8 - Bellerive (4-5 individus)													
- Présence d'Hemimysis anomala sur la station N°10 - Quai de Cologny (28 individus)													

Plan d'eau : Lac Léman		Protocole-Laboratoire					Date : 28.08.2017						
Lieu : Rive gauche - Macrophytes		Déterminateur et Leg.: P. Mulattieri											
N° station		6	7	8	9	10	N° station		6	7	8	9	10
Emplacement		Hermance	Nant d'aisy	Bellerive	P. a la Bise	Quai Cologny	Emplacement		Hermance	Nant d'aisy	Bellerive	P. a la Bise	Quai Cologny
Coordonnées		507765 128556	505710 125150	504224 124018	503818 122378	502854 119674	Coordonnées		507765 128556	505710 125150	504224 124018	503818 122378	502854 119674
LISTE DES TAXONS	Espèces												
PLATYHELMINTHES							ARTHROPODA						
	Dugesidae		6				Arachnida (Inf.-Cl.) Acari						
	<i>Dugesia / Girardia sp.</i>		6				Hydracarina						
"NEMATHELMINTHES"							Malacostraca (Crustacea)						
ANNELIDA							Amphipoda						
Hirudinea							Corophiidae	8		12			
	Erpobdellidae			1			<i>Chelicorophium curvispinum</i>	8		12			
	<i>Erpobdella sp.</i>			1			Gammaridae	6	61	18		4	
	Glossiphoniidae						<i>Dikerogammarus villosus</i>	6	61	18		4	
	<i>Helobdella stagnalis</i>						Isopoda						
	<i>Glossiphonia sp.</i>						Asellidae						
	Piscicolidae		1				<i>Asellus aquaticus</i>						
	<i>Piscicola geometra</i>		1				Decapoda						
Oligochaeta		1		2			Astacidae						
MOLLUSCA							<i>Pacifastacus leniusculus</i>						
Gastropoda							Insecta						
	Ancylidae (Tachet)		3				Ephemeroptera						
	<i>Ancylus fluviatilis</i>		3				Baetidae						
	Bithyniidae	3		2			<i>Cloeon simile</i>						
	<i>Bithynia tentaculata</i>	3		2			Caenidae						
	Hydrobiidae	5	75	12		42	<i>Caenis horaria</i>						
	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	5	75	12		42	<i>Caenis luctuosa</i>						
	Lymnaeidae		1	8		1	Ephemeridae						
	<i>Lymnae stagnalis</i>					1	<i>Ephemera danica</i>						
	<i>Radix auricularia</i>			1			Trichoptera						
	<i>Radix balthica</i>		1	7			Ecnomidae						
	Physidae	6		1			<i>Ecnomus tenellus</i>						
	<i>Haitia acuta (Physella acuta)</i>	6		1			Hydroptilidae			1			
	Planorbidae	1	3	12			<i>Agraylea multipunctata</i>			1			
	<i>Anisus septemgyratus</i>						<i>Agraylea sexmaculata</i>						
	<i>Gyraulus albus</i>	1	3	12			Leptoceridae						
	<i>Gyraulus parvus</i>						<i>Athripsodes sp.</i>						
	Valvatidae						<i>Mystacides azurea</i>						
	<i>Valvata piscinalis</i>						<i>Mystacides longicornis</i>						
	<i>Valvata cristata</i>						<i>Mystacides sp.</i>						
	Viviparidae			1			<i>Oecetis sp.</i>						
	<i>Viviparus ater</i>			1			Leptoceridae indeterminable						
Bivalvia							Psychomyiidae						
	Corbiculidae						<i>Tinodes waeneri</i>						
	Dreissenidae	500	140			1	Heteroptera						
	<i>Dreissena polymorpha</i>	x	x			nd.	Corixidae <i>Micronecta sp.</i>						
	<i>Dreissena bugensis</i>	x	x			nd.	Diptera						
	Sphaeriidae						Chironomidae	1		15		7	
	<i>Musculium lacustre</i>						Lepidoptera						
	<i>Pisidium amnicum</i>						Crambidae			1			
	<i>Pisidium casertanum</i>						<i>Acentria ephemerella</i>			1			
	<i>Pisidium henslowanum</i>						Megaloptera						
	<i>Pisidium nitidum</i>						Sialidae <i>Sialis sp.</i>			1			
	<i>Pisidium millium</i>						Coleoptera						
	<i>Pisidium personatum</i>						Elmidae <i>Limnius sp.</i>						
	<i>Pisidium subtruncatum</i>						Halplidae <i>Halplius sp.</i>						
	<i>Pisidium cf. tenuilineatum</i>												
	<i>Pisidium sp. juveniles</i>												
	<i>Sphaerium corneum</i>												
Remarques / autres observations:													
- Présence d'Argulus sp., sur la station N° 8 - Bellerive (4-5 individus)													
- Présence d'Hemimysis anomala sur la station N°10 - Quai de Cologny (28 individus)													