REPUBLIQUE
ET CANTON
DE GENEVE

CARTOGRAPHIE DES HERBIERS DU LITTORAL LEMANIQUE GENEVOIS

-

ACTUALISATION 2024



Mandants :
Office cantonal de l'eau (OCEau)
Office cantonal de l'agriculture et de la nature (OCAN)

BIOL EAU
GREN Sàrl Biologie Appliquée
Emilie Sandoz
ATELIER NATURE PAYSAGE

Photographies de la page titre :

Potamogeton lucens et Potamogeton x *decipiens*
© Pascal Mulattieri

Proposition bibliographique :

Sandoz E., Demierre A., Mulattieri P., Amann, N., 2025 : Cartographie des herbiers du littoral lémanique genevois. Actualisation 2024. Genève, 42 p.

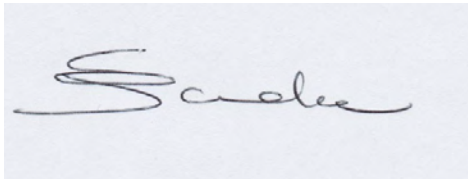
Date	28 août 2025	***Visa*** Emilie Sandoz 
Rédaction	Emilie Sandoz	
Expertise scientifique	Alain Demierre Pascal Mulattieri Emilie Sandoz	
Collaboration	Nicolas Amann Alison Lacroix Aurélie Boissezon	
Distribution	OCEau OCAN	

Table des matières

1 Introduction 1
1.1 Contexte 1
1.2 Objectifs d'étude 1
2 Généralités sur les macrophytes du Léman 2
2.1 Les macrophytes : définitions et bref historique de leur évolution dans le Léman 2
Les macrophytes : définition et zone de colonisation 2
Bref historique de l'évolution des macrophytes dans le Léman 3
2.2 Les herbiers lacustres : des milieux naturels à part entière 5
Les herbiers lacustres : définition et rôle en tant qu'habitat 5
Les milieux aquatiques lacustres : définition en termes de composition floristique (phytosociologie) 5
Quelques différences entre les milieux aquatiques et terrestres 6
Impact des facteurs anthropiques sur l'évolution des milieux aquatiques 6
3 Principales bases légales 7
4 Méthodologie 9
4.1 Périmètre d'étude 9
4.2 Date des campagnes 10
4.3 Méthodes de cartographie de la végétation 10
5 Résultats 2024 11
5.1 Densité des herbiers 11
5.2 Espèces recensées 14
Espèces recensées sur le périmètre d'étude et abondances relatives 14
Espèces menacées 17
Richesse spécifique au sein des herbiers 20
5.3 Associations recensées en 2024 et abondances relatives 21
6 Évolution du peuplement de plantes aquatiques entre 2016 et 2024 23
6.1 Surfaces colonisées par association 23
6.2 Surfaces colonisées par espèce 25
6.3 Classes de profondeurs colonisées 27
Évolution des surfaces colonisées par les plantes vasculaires et les characées par classe de profondeur 27
Évolution des profondeurs maximales colonisées 29
6.4 Espèces indicatrices de la trophie des eaux 30
6.5 Espèces exotiques envahissantes 34
7 Évolution de la richesse spécifique des hydrophytes submergés 36
8 Enjeux de conservation 37
8.1 Définition de zones sensibles 38

9 Conclusion 40

10 Bibliographie 41

11 Annexes 42

1 Introduction

1.1 Contexte

En 2016, une cartographie des herbiers lacustres du littoral genevois (entre la rive et 15 m de profondeur) a été réalisée par un consortium d'expert « macrophytes » (composé des bureaux ATNP, Biol'Eau, GREN et Emilie Sandoz) sur mandat de l'Office cantonal de l'agriculture et de la nature (OCAN) et de l'Office cantonal de l'eau (OCEau).

Les résultats de cette cartographie ont ensuite été transposés sur le Système d'Information du Territoire Genevois (SITG) et mis à disposition du public.

Une étude approfondie des résultats a ensuite été réalisées afin :

- d'évaluer la qualité biologique du Léman genevois basée sur les végétaux aquatiques ;
- de documenter les changements observés sur les milieux aquatiques en comparaison à des données antérieures ;
- de délimiter des herbiers particulièrement sensibles du point de vue de leur composition floristique et de leur rôle en tant qu'habitat pour les biocénoses aquatiques.

En 2024, suite à un appel d'offre public, les mêmes experts se sont vu attribuer la mise à jour de cette cartographie et de son étude. Les objectifs étant de documenter les changements qui ont opéré pendant la période 2016 – 2024 sur les végétaux aquatiques, ceci notamment en lien avec le réchauffement climatique, l'arrivée de néozoaires comme la moule quagga et l'intensification des demandes d'intervention sur le lac pour différents usages (utilisation thermique de l'eau, aménagements, etc.).

Le présent rapport rappelle le contexte des milieux lacustres genevois, présente les résultats observés lors de la cartographie de l'été 2024, évalue les changements observés en les comparant avec ceux de l'été 2016 (Sandoz *et al.*, 2017), défini les herbiers sensibles et délimite leur localisation.

1.2 Objectifs d'étude

Les objectifs de la présente étude sont les suivants :

- caractériser l'état actuel du peuplement macrophytique sur l'ensemble de la beine lacustre du territoire genevois entre 0 et 15 mètres (composition, abondances, espèces rares, etc.) ;
- faire le point sur l'évolution du peuplement macrophytique depuis la dernière cartographie de 2016 ;
- identifier des zones prioritaires du point de vue de la conservation des macrophytes.

Les personnes référentes pour la réalisation de cette étude sont Arielle Cordonier, cheffe du secteur hydrobiologie du SSPMA (DT-OCEau) et Emmanuelle Favre, responsable du programme flore de la direction de la biodiversité et des forêts (DT-OCAN).

2 Généralités sur les macrophytes du Léman

2.1 Les macrophytes : définitions et bref historique de leur évolution dans le Léman

Les macrophytes : définition et zone de colonisation

Les macrophytes désignent sur le plan scientifique l'ensemble des végétaux aquatiques ou amphibies visibles à l'œil nu. Ils comprennent des plantes vasculaires, des ptéridophytes, des bryophytes, des lichens et des macro-algues, et par extension, des colonies de cyanobactéries ainsi que des colonies hétérotrophes de bactéries et champignons (AFNOR, 2003).

Les plantes vasculaires regroupent d'une part, les plantes aquatiques (hydrophytes), d'autre part, les grandes plantes émergées (hélophytes) des rives, comme les roseaux.

Les macro-algues (> 300 µm) comprennent quant à elles les algues filamenteuses et la famille des characées, ces dernières étant considérées comme les algues vertes connues les plus évoluées (Auderset Joye et Schwarzer, 2012). Seules représentantes actuelles de l'ordre des charophytes, les characées se distinguent des autres espèces d'algues vertes par leur mode de fixation et par leurs organes reproducteurs très particuliers, qui n'existent que dans ce groupe (Reviers, 2003).

Dans le Léman (hors « Petite Rade genevoise »), les macrophytes immergés sont localisés sur une bande d'en moyenne 250 m et d'au maximum 700 m de large (AquaPlus, 2010), appelée "zone littorale", dont la limite vers le large est généralement définie par la rupture de pente, aussi appelée « mont ».

Cette zone littorale se voit classiquement délimitée en plusieurs parties. Sont ainsi distinguées :

- les zones émergées ou périodiquement émergées : le rivage et la grève lacustre ;
- les zones immergées en permanence : la beine lacustre, le mont puis le talus descendant vers les plus grandes profondeurs.

Sur les rives genevoises du Léman, la grève est principalement caillouteuse dans la zone de battement des vagues (0 à 1.5 m de profondeur), tandis que la beine est constituée de limons argileux plus ou moins fins, récemment recouverts en partie par la moule quagga.

Les deux groupes de végétaux aquatiques immergés retenus pour cette étude sont :

- **les plantes vasculaires hydrophytes enracinées à feuillage immergé ;**
- **les macro-algues de la famille des characées.**

Bref historique de l'évolution des macrophytes dans le Léman

La transparence des eaux est un facteur de première importance puisqu'elle détermine la profondeur de colonisation maximale des plantes aquatiques. Dans les lacs, la transparence est fortement corrélée à la concentration du phytoplancton, qui dépend elle-même de la teneur en nutriments des eaux (et indirectement de celle des sédiments). La profondeur de colonisation maximale des macrophytes du Léman est ainsi passée de 25 m en 1904, à 10 m en 1997, consécutivement à la période d'eutrophisation du lac dans les années 1970 à 1990 (Lods-Crozet et *al.*, 2013). Dès 2009, suite à une période de ré-oligotrophisation des eaux du lac (baisse notable des teneurs en phosphore entre les années 1990 à 2010), la profondeur maximale de colonisation ré-augmente et se situe en 2020 autour des 14 mètres (Aquabio, 2020) (Figure 1).

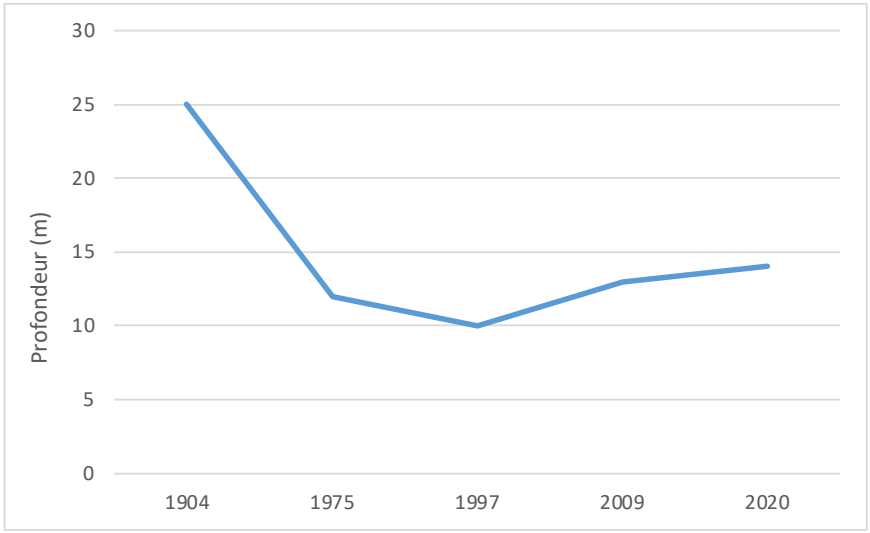


Figure 1 : Profondeur maximale atteinte par les macrophytes entre 1904 et 2020 (données issues de Lods-Crozet *et al.*, 2013 et Aquabio, 2020).

Les characées, capable de s'adapter à des conditions de très faible luminosité et de forte pression, colonisent les plus grandes profondeurs (> 8 m), tandis que les plantes vasculaires forment des herbiers jusqu'à une profondeur de 8 m environ.

Quant à la composition floristique des herbiers, elle est fortement corrélée à la concentration en nutriments dans les eaux et les sédiments. Les années 1970-1980 ont ainsi été le théâtre d'une régression tant qualitative que quantitative des characées du Léman, en lien avec l'eutrophisation du lac. A partir des années 1990, la mise en œuvre de mesures visant à diminuer les apports nutritionnels dans les eaux de surface a induit une recolonisation rapide des characées, qui représentaient en 1997, 2009 et 2016 respectivement 23, 34 et 78 % de l'abondance totale du peuplement macrophytique, contre 7% en 1975. En 2013 et 2016, deux nouvelles espèces de characées indicatrices de conditions oligotrophes, respectivement *Tolypella glomerata* et *Chara aspera*, sont réapparues dans le Léman.

Sur la période 2016-2024, l'arrivée d'un nouveau néozoaire (vers 2015 dans le Léman) contribue à modifier la dynamique de colonisation et la composition des milieux aquatiques : la moule quagga, *Dreissena bugensis*.

L'activité de filtration des moules quagga (env. 2 litres d'eau/jour/individu) augmente la transparence de l'eau, ce qui entraîne une pénétration plus profonde et plus forte de la lumière.

L'augmentation de la transparence de l'eau par les moules quagga pourrait à priori contribuer à favoriser les hydrophytes vasculaires comme notamment les potamots à larges feuilles dont les exigences en luminosité sont importantes.

L'évolution des conditions du Léman genevois entre 2016 et 2024 et l'impact sur les peuplements de macrophytes font l'objet du chapitre 6 du présent rapport.

2.2 Les herbiers lacustres : des milieux naturels à part entière

Les herbiers lacustres : définition et rôle en tant qu'habitat

Lorsque les plantes immergées forment des masses continues et denses, on parle généralement « d'herbiers ». Ils se distinguent, d'un premier abord, par la physionomie des espèces qui les composent au sein de la colonne d'eau : herbiers à grands potamots, herbiers à potamots filiformes, herbiers ras à characées, etc.

Cette désignation d'« herbier » vient de la fonction d'habitat que cette végétation remplit pour la faune aquatique :

- supports de ponte et nurseries des poissons comme notamment les perches, les gardons, la brème, la tanche et les brochets (p.ex. augmentation du nombre de captures de brochet corrélée au retour des characées dès 1990) ;
- habitats et refuges pour les écrevisses et les invertébrés aquatiques ;
- nourriture principale de la nette rousse et de certains oiseaux limicoles.

Les milieux aquatiques lacustres : définition en termes de composition floristique (phytosociologie)

D'un point de vue phytosociologique, la composition floristique des herbiers, ainsi que l'abondance relative des espèces au sein de ces derniers, permet d'identifier des « milieux naturels » distincts.

Le guide des milieux naturels de Suisse (Delarze *et al.*, 2015) distingue deux grands types de milieux aquatiques immergés et enracinés au niveau phytosociologique de l'« alliance » végétale : l'alliance du *Potamion* (eau avec végétation immergée vasculaire) et l'alliance du *Charion* (eau avec végétation immergée non vasculaire).

Dans le cadre de cette étude, le référentiel des associations végétales du canton de Genève (Prunier *et al.*, 2020) a permis d'identifier les milieux à un niveau plus précis, celui des associations végétales, ce qui a mené à distinguer des groupements de végétation distincts au sein de chaque alliance.

L'avantage de définir les groupements de végétation à ce niveau de précision est de désigner des milieux qui possèdent des caractéristiques propres en termes de composition floristique et d'exigences écologiques (profondeur de colonisation, charge trophique des eaux et type de substrat principalement). Les enjeux de protection par milieu sont ainsi plus facilement identifiables.

Quelques différences entre les milieux aquatiques et terrestres

Comparé aux milieux terrestres, le nombre d'espèces végétales est moindre en milieu aquatique. La vie en milieu aquatique, si elle offre l'avantage de la disponibilité en eau en continu et de variations de température tamponnées, présente également des contraintes fortes telles que la faible disponibilité en oxygène et en dioxyde de carbone, l'absorption rapide de la lumière par la colonne d'eau et l'anoxie du substrat. Dans l'histoire évolutive des plantes vasculaires, environ 1 % des angiospermes et 2% des ptéridophytes sont parvenus ainsi à s'adapter morphologiquement et écologiquement à ces conditions de stress lors de leur retour en milieu aquatique.

En Suisse, 143 espèces sont ainsi recensées dans les eaux libres, contre 459 dans les milieux palustres (marais, rives) et 2861 dans les milieux terrestres (Bornand *et al.*, 2016).

Le pourcentage d'espèces menacées est en revanche plus élevé dans les eaux libres et dans les milieux palustres que dans les milieux terrestres. 53% des espèces recensées dans les eaux libres sont considérées comme menacées (statuts VU à RE) selon la Liste Rouge Suisse des plantes vasculaires de 2016. 70% des espèces de characées sont répertoriées dans les statuts VU à CR selon la Liste Rouge Suisse de 2012.

Une autre différence avec les milieux terrestres est que les variations interannuelles des conditions écologiques du milieu induisent une certaine variabilité au niveau des surfaces occupées par les différents groupements de végétation, ainsi qu'au niveau de leur composition floristique. La surface colonisée par la végétation peut ainsi varier d'une année à l'autre en fonction du régime annuel de température, des courants et de la transparence des eaux.

Impact des facteurs anthropiques sur l'évolution des milieux aquatiques

Les facteurs anthropiques comme les extractions des sédiments et/ou les curages/dragages peuvent influencer drastiquement les équilibres interspécifiques : les espèces pionnières à forte capacité de colonisation, peuvent dès l'année qui suit les travaux, recoloniser les surfaces mises à nu et opérer des recouvrements monospécifiques. C'est le cas de certaines espèces exotiques envahissantes comme les élodées ou de certaines characées, qui recolonisent souvent immédiatement les ports après les opérations de dragage. Certaines espèces pionnières de characées peuvent aussi profiter d'un remaniement sédimentaire consécutif à des travaux : à la suite des déplacements sédimentaires engendrés par des travaux de GeniLac, une espèce de characée menacée en Suisse, *Tolypella glomerata* a vraisemblablement trouvé des conditions propices à son implantation le long de la conduite.

L'impact du réchauffement de la température de l'eau sur les peuplements de macrophytes est également évoqué dans la récente étude de la CIPEL (Aquabio, 2020), qui questionne la progression de *Potamogeton perfoliatus* et *Myriophyllum spicatum* dans le Léman entre 2009 et 2019 au regard du réchauffement des eaux.

3 Principales bases légales

Les herbiers lacustres sont protégés au niveau cantonal et fédéral par différentes bases légales.

Rappelons principalement qu'au niveau fédéral :

- Les herbiers à characées (*Charion*) et ceux à végétation immergée vasculaire (*Potamion*) sont inscrits à la liste des milieux naturels dignes de protection de l'**Annexe 1 de l'Ordonnance sur la protection de la nature** (OPN).
- **L'art. 14 Protection des biotopes, de l'ordonnance sur la protection de la nature**, alinéa 6, stipule encore que « *Une atteinte d'ordre technique qui peut entraîner la détérioration de biotopes dignes de protection ne peut être autorisée que si elle s'impose à l'endroit prévu et qu'elle correspond à un intérêt prépondérant. Pour l'évaluation du biotope lors de la pesée des intérêts, outre le fait qu'il soit digne de protection selon l'al. 3, les caractéristiques suivantes sont notamment déterminantes :*

  - *a. son importance pour les espèces végétales et animales protégées, menacées et rares ;*
  - *b. son rôle dans l'équilibre naturel ;*
  - *c. son importance pour la connexion des biotopes entre eux ;*
  - *d. sa particularité ou son caractère typique ».*

  Et que (alinéa 7) : « *L'auteur ou le responsable d'une atteinte doit être tenu de prendre des mesures optimales pour assurer la protection, la reconstitution ou, à défaut, le remplacement adéquat du biotope* ».
- Les espèces de macrophytes menacées - et donc à conserver en priorité - sont indiquées sur la **Liste Rouge des plantes vasculaires de Suisse** (Bornand *et al*., 2016) et sur la **Liste Rouge des characées de Suisse** (Auderset-Joye D. & Schwarzer A., 2012).

Rappelons également qu'au niveau cantonal, les herbiers de plantes aquatiques sont spécifiquement protégés, notamment par :

- La **Directive cantonale sur la protection des herbiers aquatiques lors d'interventions en milieu lacustre et dans les cours d'eau** (OCEau, 2025).

  Cette directive stipule que si la création (ou l'agrandissement) d'infrastructures, dragages ou autres interventions en milieu lacustre se situent sur des herbiers denses à moyennement denses ou sur des zones sensibles, l'appui d'un hydrobiologiste est requis pour réaliser une notice d'impact sur les herbiers et que la cartographie en vigueur doit être utilisée.

  En cas de localisation sur des herbiers denses à moyennement denses, si l'impact est avéré, l'installation devra être déplacée ou des mesures de minimisation / compensation devront être prises.

En cas de localisation sur des herbiers sensibles, aucune autorisation ne sera délivrée pour la création de nouvelles installations ou un agrandissement d'une installation existante de > 10 % sauf intérêt publique prépondérant. Dans ce cas, les impacts doivent être compensés.

Pour les dragages, si des espèces Liste Rouge sont présentes dans le périmètre des travaux, elles devront être protégées.

- La **Liste Rouge des plantes vasculaires du canton de Genève** (Mombrial *et al*., 2020).

Pour une liste complète des bases légales fédérales et cantonales relatives aux dispositions à prendre sur les milieux aquatiques et découlant notamment de la protection de l'environnement, de l'aménagement du territoire, de la protection de la nature de la protection des eaux ainsi que de la pêche, se référer au rapport de Sandoz *et al*., 2017.

4 Méthodologie

4.1 Périmètre d'étude

Le périmètre d'étude inclut l'ensemble de la zone littorale genevoise ainsi que celle de l'enclave de Céligny, soit 25.4 km de rive (Figure 2).

Les macrophytes peuvent potentiellement être observés jusqu'à une profondeur de 15 mètres (exceptionnellement plus). La zone littorale genevoise à cartographier se situe donc entre 0 et 15 mètres de profondeur au minimum, ce qui représente un potentiel d'environ 1'260 hectares.

Les zones « non navigables », incluant une réserve naturelle, un chantier lacustre, des plages et des zones dédiées au ski nautique, ont été exclues de la cartographie, soit environ 45 hectares (Figure 2).



Figure 2 : Périmètre de cartographie des herbiers du littoral genevois. En bleu : surface d'inventaire des herbiers entre 0 et 15 m de profondeur ; en rouge : zones balisées interdite à la navigation – non prospectées).

4.2 Date des campagnes

Une campagne de prises de vues aériennes a été réalisée le 28 juin 2024 (extrait à la Figure 3) par l'entreprise BSF Swissphoto. Des photos de très haute qualité ont été obtenues, ce qui a permis de se repérer plus facilement sur l'eau et de pré-identifier certains herbiers.

La campagne d'inventaire a été réalisée entre le 1er et le 19 juillet 2024.

Le développement des végétaux était optimal en cette période, permettant une identification à l'espèce de manière sûre. En effet, les plantes vasculaires et les characées étaient au maximum de leur développement pour la majorité des espèces.

Enfin, l'inventaire des macrophytes a été réalisé dans des conditions de visibilité et de navigation très favorables (absence de vent notamment).



Figure 3 : Extrait de la photo aérienne réalisée le 28 juin 2024.

4.3 Méthodes de cartographie de la végétation

La méthodologie appliquée en vue d'établir une cartographie complète de la zone littorale jusqu'à la profondeur de colonisation maximale des macrophytes est décrite en Annexe 1 – Note méthodologique.

5 Résultats 2024

5.1 Densité des herbiers

La Figure 4 illustre la part du périmètre d'étude occupée par les différentes classes de densité macrophytique en 2024.

La consultation du graphique montre que les herbiers denses (Figure 5, Figure 6 et Figure 7) (> 50% de recouvrement) représentent 31% de la surface totale prospectée, contre 20 % pour les herbiers moyennement denses (11 à 50%) et 2% pour les herbiers peu denses (1 à 10%). Les surfaces sans macrophytes (< 1%) représentent quant à elles 43% de la surface totale prospectée. Les 4% restant de la surface du périmètre d'étude correspondent quant à eux aux surfaces non prospectées dans le cadre de la présente étude (cf. chapitre 4 - Méthodologie)

La surface couverte par les macrophytes en 2024 représente 31% de la surface totale du périmètre d'étude (1260 ha – soit la beine entre 0 et 15 mètres).

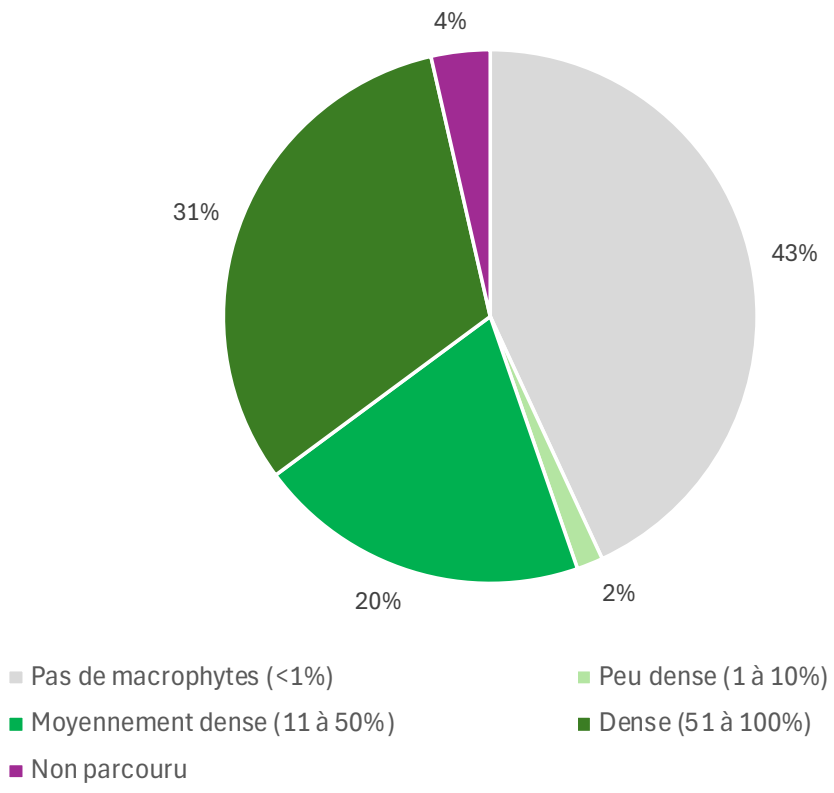


Figure 4 : Part du périmètre d'étude occupée par les différentes classes de recouvrement de macrophytes en 2024 (avec la Petite Rade genevoise)



Figure 5 : Herbier dense dominé par *Potamogeton pectinatus* en eau peu profonde (2 m).



Figure 6 : Herbier dense dominé par *Potamogeton perfoliatus* en eau profonde (6-8 m).



Figure 7 : Herbier dense dominé par *Potamogeton lucens* en eau moyennement profonde (4-5 m).

5.2 Espèces recensées

Espèces recensées sur le périmètre d'étude et abondances relatives

Au total, 19 espèces de macrophytes immergés ont été recensées lors de la campagne 2024 dont (Tableau 1) :

- 6 sont des characées ;
- 13 sont des plantes vasculaires hydrophytes.

Le calcul des surfaces colonisées par espèce met en évidence les aspects suivants (également illustrés par le graphique de la Figure 8) :

- *Chara globularis* (Figure 9) et *Potamogeton perfoliatus* (Figure 10) sont les deux espèces les plus abondantes du Léman genevois. Leur abondance relative représente respectivement 36% et 35% de l'abondance totale du peuplement de macrophytes.
- Les deux autres espèces de potamots à larges feuilles viennent ensuite (*Potamogeton* x *decipiens et Potamogeton lucens).*
- La somme de l'abondance relative de ces 4 espèces représente 83% du peuplement de macrophytes.

Tableau 1 : Liste des espèces recensées en 2024 sur le Léman genevois, avec indication des surfaces colonisées (en ha) et des abondances relatives (en %)

Espèce	Surface (ha) colonisée en 2024	Abondance relative en %
Chara globularis Thuill.	138,6	35,9
Potamogeton perfoliatus L.	132,6	34,4
Potamogeton x decipiens Nolte	30,2	7,8
Potamogeton lucens L.	19,5	5,1
Myriophyllum spicatum L.	16,7	4,3
Zannichellia palustris L.	10,8	2,8
Potamogeton pectinatus L.	9,8	2,5
Chara contraria A. Braun	6,7	1,7
Potamogeton helveticus (G. Fisch.) W. Koch	6,0	1,6
Chara denudata A. Braun	3,2	0,8
Nitellopsis obtusa (Desv.) J. Groves	2,8	0,7
Tolypella glomerata (Desv.) Leonh.	2,8	0,7
Elodea nuttallii (Planch.) H. St. John	2,2	0,6
*Groenlandia densa (*L.) Fourr.	1,8	0,5
Elodea canadensis Michx.	0,9	0,2
Potamogeton crispus L.	0,5	0,1
Ceratophyllum demersum L.	0,4	0,1
Potamogeton pusillus L.	*0,3*	*0,1*
Chara aspera Willd.	*0,1*	*0,0*

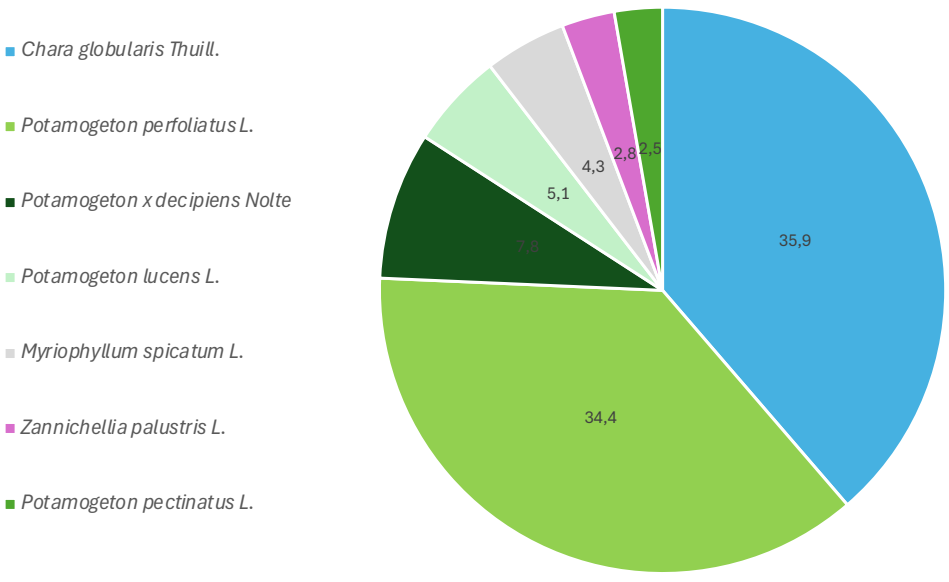


Figure 8 : Abondances relatives (en %) des principales espèces recensées en 2024 dans le Léman genevois.



Figure 9 : Photographie de *Chara globularis*, espèce dominante du périmètre d'étude



Figure 10 : Photographie de *Potamogeton perfoliatus*, espèce dominante du périmètre d'étude

Espèces menacées

Le Tableau 2 présente les espèces de macrophytes menacées recensées en 2024 sur le Léman genevois. Sur les 19 espèces recensées au total, le bilan est le suivant :

- 4 espèces de plantes vasculaires sont menacées sur le canton de Genève (Figure 12 et Figure 13) ;
- 2 espèces de plantes vasculaires sont menacées selon la Liste Rouge Suisse mais ne possèdent pas de statut de menace cantonal ;
- 2 espèces de characées sont menacées sur le territoire Suisse et présentent également un enjeu de conservation, car rares, dans le canton de Genève (Figure 14 et Figure 15) ;
- Une espèce de characée présente un statut DD (non évalué) (Figure 11) ;
- 4 espèces présentent une valeur de priorité moyenne selon la récente Liste Prioritaire des plantes vasculaires du canton de Genève (Ensslin et Sandoz, 2025). Elles figurent parmi les 132 autres taxons de priorité moyenne du canton. Aucune espèce de plante vasculaire recensée ne présente de priorité haute (130 taxons sur le canton de Genève).

Tableau 2 : Liste des espèces de macrophytes menacées à Genève (LR GE, Mombrial *et al.*, 2020) et/ou en Suisse (LR CH, Bornand *et al.*, 2016), inventoriées en 2024 sur le Léman genevois, avec indication des statuts de priorité sur le canton de Genève (Ensslin et Sandoz, 2025).

Espèce	Surface (ha) colonisée en 2024	Abondance relative en %	LR GE 2019	LR CH 2016	Priorité GE
Chara aspera Willd.	0,1	0,0	-	VU	-
Chara denudata A. Braun	3,2	0,8	-	DD	-
Groenlandia densa (L.) Fourr.	1,8	0,5	EN	NT	Moyenne
Potamogeton crispus L.	0,5	0,1	VU	LC	Faible
Potamogeton helveticus (G. Fisch.) W. Koch	6,0	1,6	RE	EN	**
Potamogeton lucens L.	19,5	5,1	NT	LC	Moyenne
Potamogeton pusillus L.	0,3	0,1	NT	VU	Moyenne
Potamogeton x *decipiens* Nolte	30,2	7,8	EN	VU	Moyenne
Tolypella glomerata (Desv.) Leonh.	2,8	0,7	-	EN	-
Zannichellia palustris L.	10,8	2,8	LC	VU	Non prioritaire

Statuts Listes Rouges : DD : données insuffisantes ; LC : préoccupation mineure ; NT : quasi menacé ; VU : vulnérable ; EN en danger ; RE : disparu au niveau régional. ** Espèce considérée comme très probablement éteinte lors de l'établissement de la Liste des espèces prioritaires.

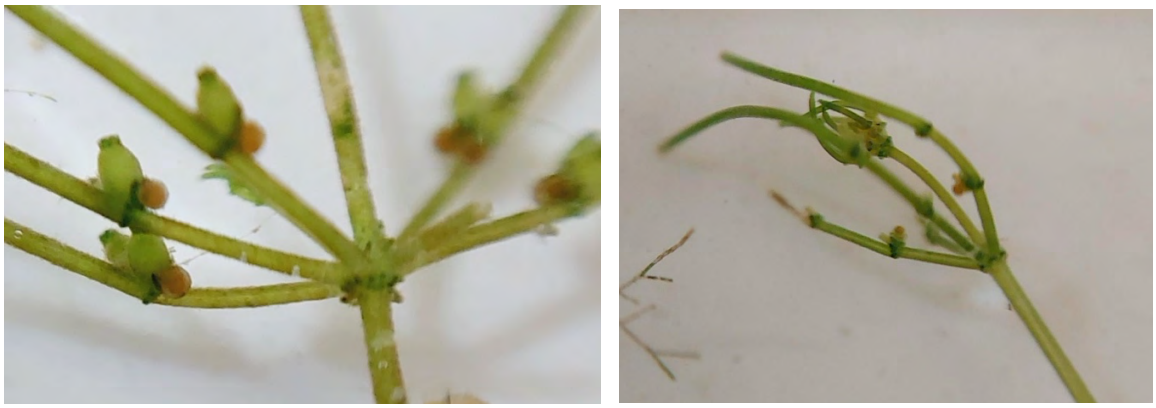


Figure 11 : Photographie de *Chara denudata*, qui présente un statut DD (données insuffisantes) selon la Liste Rouge des characées de Suisse.



Figure 12 : *Groenlandia densa*, espèce menacée (en danger) sur le canton de Genève.



Figure 13 : *Potamogeton crispus*, espèce menacée (vulnérable) sur le canton de Genève.

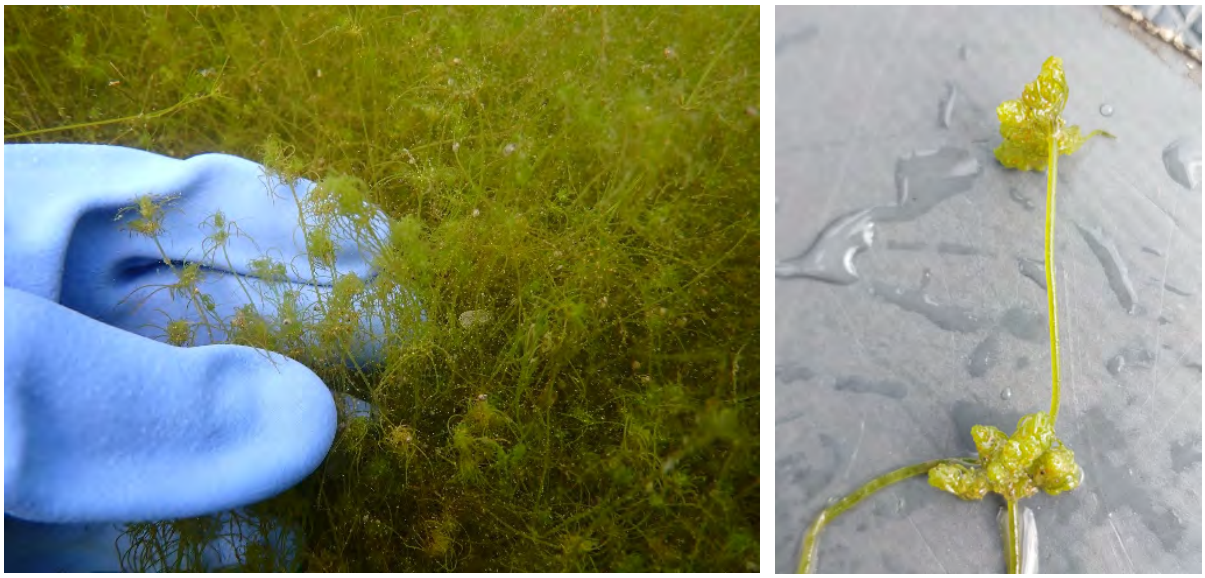


Figure 14 : *Tolypella glomerata*, espèce menacée (en danger) en Suisse.



Figure 15 : *Chara aspera*, espèce menacée (vulnérable) en Suisse.

Richesse spécifique au sein des herbiers

La Figure 16 illustre la fréquence des herbiers en fonction de leur richesse spécifique selon 3 classes :

- herbiers monospécifiques (présence d'une seule espèce) ;
- herbiers plurispécifiques composés de :
  - 2 à 4 espèces ;
  - 5 et plus.

Ces données mettent en évidence que :

- 20 % des herbiers sont monospécifiques ;
- 80 % des herbiers sont plurispécifiques avec :
  - 65% des herbiers sont constitués de 2 et 4 espèces ;
  - 15 % des herbiers abritent entre 5 et 8 espèces.

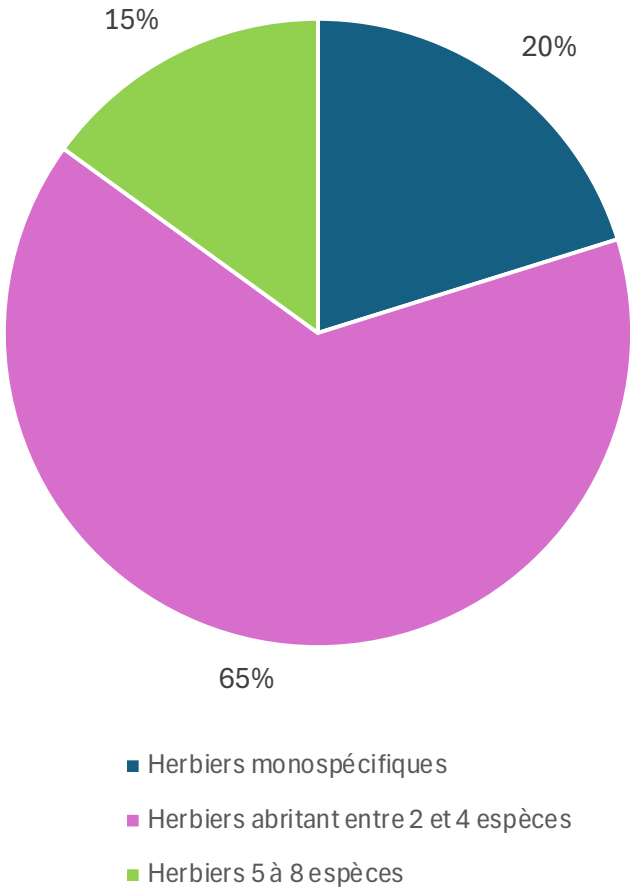


Figure 16 : Fréquence des herbiers selon le nombre d'espèces qu'ils abritent.

5.3 Associations recensées en 2024 et abondances relatives

Le Tableau 3 indique la surface en hectare colonisée par chaque association ainsi que leur abondance relative (en %) au sein du peuplement (également représentées à la Figure 17).

Au total, 14 associations ont été recensées.

Le *Potametum perfoliati*, qui comprend les herbiers dominés par *Potamogeton perfoliatus* accompagné ou non de *P.* x *decipens*, domine le peuplement, suivi de près par les herbiers de characées dominés par *Chara globularis*.

Ces deux associations représentent 85% de l'abondance totale du peuplement macrophytique.

Il est intéressant de constater que les herbiers dominés par l'élodée de Nuttall (*Elodea nuttallii*), espèce exotique envahissante, représentés par l'association *Ceratophyllo demersi-Elodeetum nuttallii*, ne représentent que 0.5 % de l'abondance totale.

Tableau 3 : Surface couverte (ha) en 2024 par chaque association

Association	Surface couverte en ha	Abondance relative en %
Potametum perfoliati	183	47,4
Charetum globularis	146	37,8
Potametum lucentis	14	3,5
Charetum contrariae	11	2,9
Potametum pectinati	11	2,8
Parvopotamo - Zannichellietum palustris	10	2,5
Potamo pectinati - Myriophylletum spicati	5	1,4
Ceratophyllo demersi - Elodeetum nuttallii	2	0,5
Callitricho - Elodeetum canadensis	1,2	0,3
Tolypelletum glomeratae	1,0	0,3
Groenlandietum densae	0,9	0,2
Nitellopsidetum obtusae	0,5	0,1
Charetum asperae	0,2	0,05
Potametum berchtoldii - pectinati	0,1	0,03

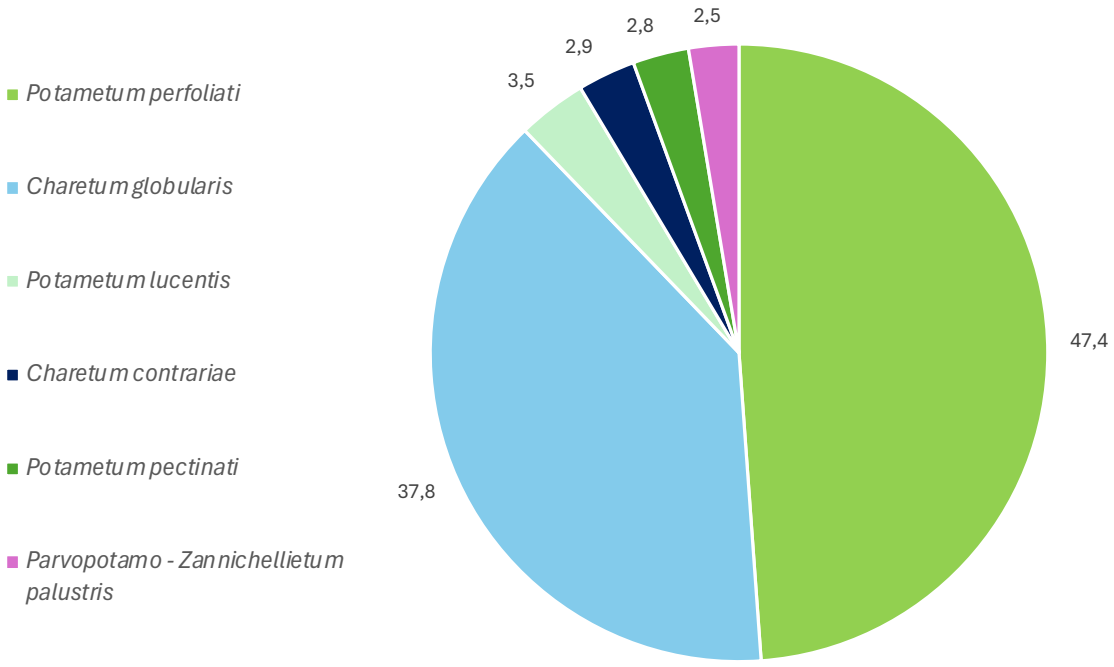


Figure 17 : Abondances relatives (%) des principales associations recensées en 2024 sur le Léman genevois

6 Évolution du peuplement de plantes aquatiques entre 2016 et 2024

N.B. : Pour une question de comparabilité des données entre les relevés 2016 et 2024, les résultats suivants ne comprennent pas la « Rade »[1], car ce secteur n'avait pas été prospecté en 2016.

6.1 Surfaces colonisées par association

Le Tableau 4 indique les surfaces colonisées par les principales associations de macrophytes, en 2016 et en 2024 respectivement.

Au niveau du peuplement global des végétaux aquatiques, les résultats (également illustrés par la Figure 18) permettent de mettre en évidence les éléments suivants entre 2016 et 2024 :

- une perte de 266 hectares d'herbiers, toutes espèces confondues ;
- une perte de 360 hectares d'herbiers de characées ;
- un gain de 94 hectares d'herbiers de plantes vasculaires.

Au niveau des associations végétales, l'association qui a le plus régressé est celle du *Charetum globularis*, avec une perte de 353 hectares.

A l'inverse, l'association qui a le plus progressé est celle du *Potametum perfoliati*, avec un gain de 132 ha.

Enfin, le pourcentage de la beine lacustre (zone située entre 0 et 15 mètres de profondeur susceptible d'abriter des peuplements de plantes vasculaires et non vasculaires) non couverte par les macrophytes est passé de 44 % en 2016 à 68% en 2024 (Figure 19).

Tableau 4 : Surface (ha) colonisée par les principales associations de macrophytes en 2016 et en 2024, avec indication de l'évolution (positive +, négative -, neutre) entre ces deux périodes.

	Surface totale (ha) recouverte par les principales associations		**Evolution**
Associations	**2024**	**2016**	
Potametum perfoliati	176	44	+++
Charetum globularis	141	494	---
Potametum lucentis	13	8	++
Charetum contrariae	11	18	--
Parvopotamo - Zannichellietum palustris	10	18	--
Potametum pectinati	5	40	--
Potamo pectinati - Myriophylletum spicati	3	3	stable
Total	**359**	**625**	

[1] Secteur situé entre le pont du Mont-Blanc et les bains des Pâquis (RD) et Genève-Plage (RG).

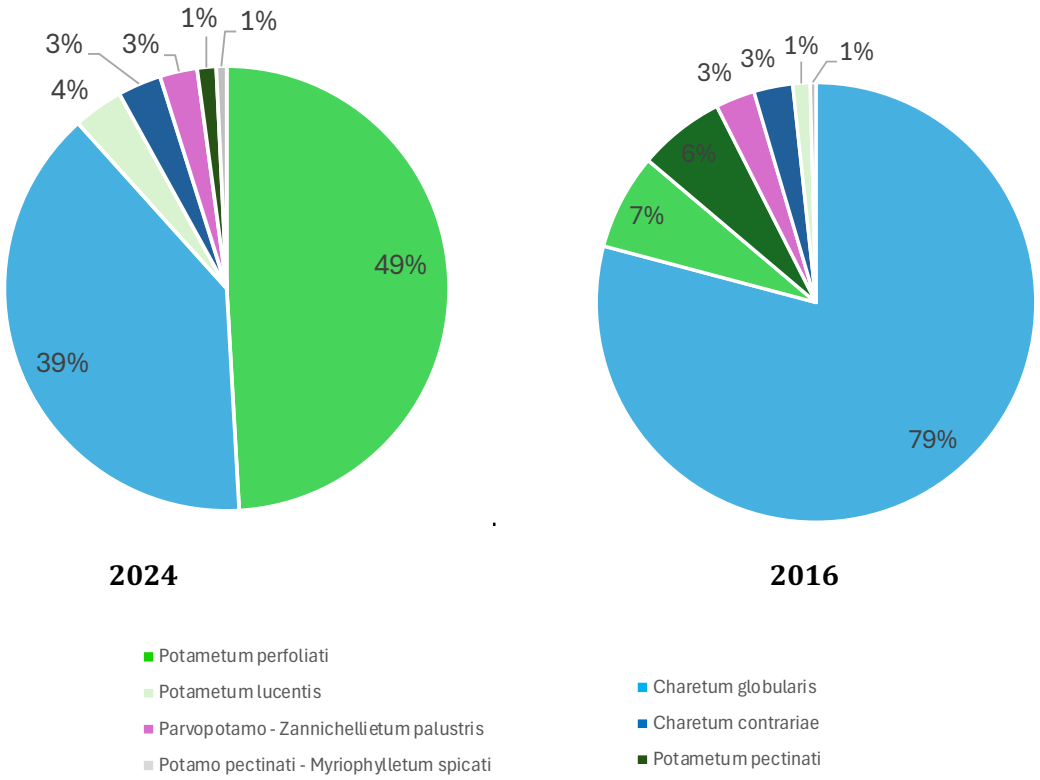


Figure 18 : Abondance relative (%) des principales associations recensées sur le Léman genevois en 2024 et en 2016.

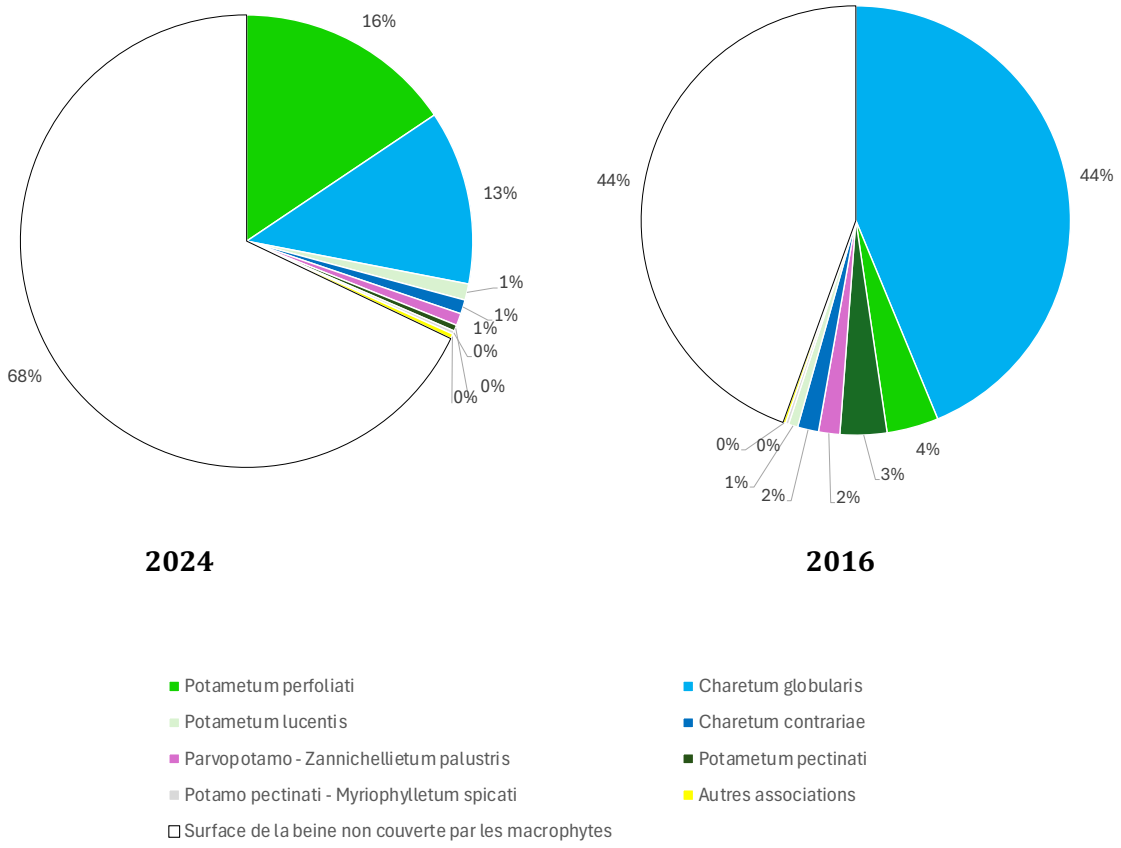


Figure 19 : Abondance relative (%) des associations recensées sur le Léman genevois en 2024 et en 2016 au regard de la surface de beine (0-15 mètres de profondeur) non colonisée par les macrophytes.

6.2 Surfaces colonisées par espèce

Le Tableau 5 indique les surfaces colonisées par les différentes espèces de macrophytes en 2016 et en 2024, respectivement.

Les résultats (également illustrés par la Figure 20) permettent de mettre en évidence les éléments suivants :

- une régression des trois espèces du genre *Chara* (perte de 279 ha pour *Chara globularis*, de 18 ha pour *Chara contraria* et de 47 ha pour *Chara denudata*) ;
- une progression des trois potamots à grandes feuilles (gain de 82 ha pour *P. perfoliatus*, de 18 ha pour *P. x decipiens* et de 10 ha pour *P. lucens*).

Tableau 5 : Surface (en ha) colonisée par les différentes espèces de macrophytes en 2016 et en 2024, avec indication de l'évolution (positive +, négative -, neutre) entre ces deux périodes.

	Surface totale colonisée (ha)		
Espèce	**2024**	**2016**	**Evolution**
Chara globularis	134	413	---
Potamogeton perfoliatus	127	45	+++
Potamogeton x decipiens	29	11	++
Potamogeton lucens	19	9	++
Myriophyllum spicatum	14	10	+
Zannichellia palustris	11	15	-
Potamogeton pectinatus	9	44	--
Chara contraria	7	25	--
Chara denudata	3	50	---
Tolypella glomerata	3	0	+
Nitellopsis obtusa	3	1	+
Elodea nuttallii	2	2	stable
Groenlandia densa	1	0,4	+
Potamogeton crispus	0,5	1	-
Elodea canadensis	0,4	1	-
Potamogeton pusillus	0,27	2	-
Ceratophyllum demersum	0,07	1	-
TOTAL	363	630	

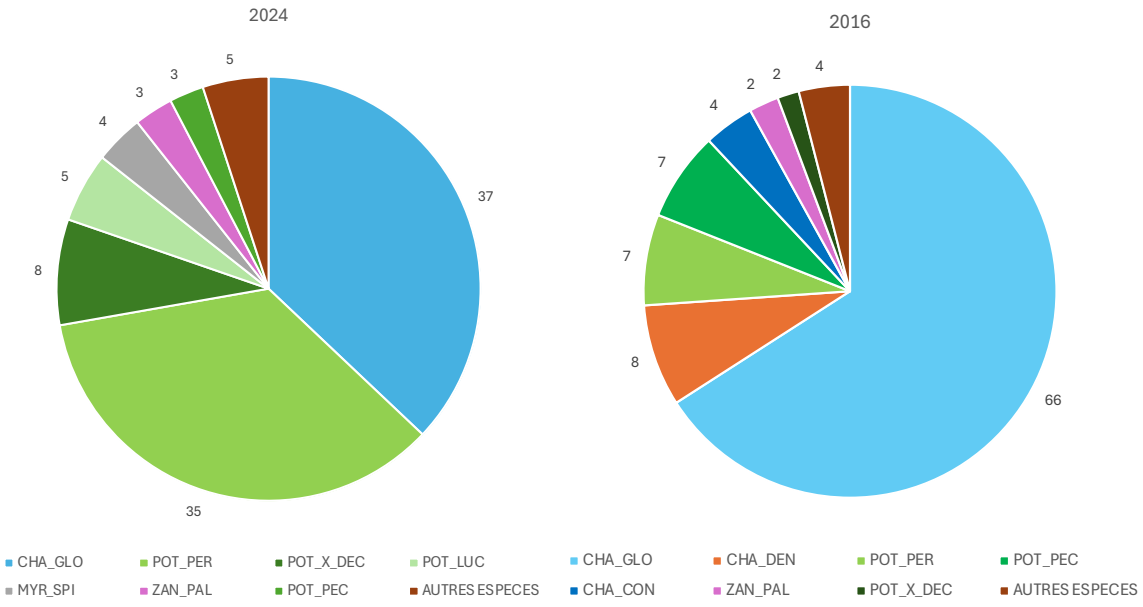


Figure 20 : Abondance relative (%) des espèces réencensées sur le Léman genevois en 2024 et en 2016.

6.3 Classes de profondeurs colonisées

Évolution des surfaces colonisées par les plantes vasculaires et les characées par classe de profondeur

La Figure 21 illustre les surfaces colonisées (ha) respectivement par les characées et les potamots à grandes feuilles (*P. perfoliatus, P.* x *decipiens* et *P. lucens*) dans quatre classes de profondeurs (0 à 2 m, 2.1 à 5 m, 5.1 à 7.5 m et > 7.5 m), en 2024 et en 2016. Les résultats mettent en évidence les éléments suivants :

- une disparition de la quasi-totalité des herbiers de *Chara globularis* (362 hectares, soit 99% des herbiers) dans la zone profonde (> 8 mètres) entre 2016 et 2024 ;
- une nette augmentation des herbiers de potamots à grandes feuilles dans la zone intermédiaire (2.1 à 7.5 mètres).

Les cartes de répartitions de la Figure 22 illustrent bien ces modifications au niveau spatial.

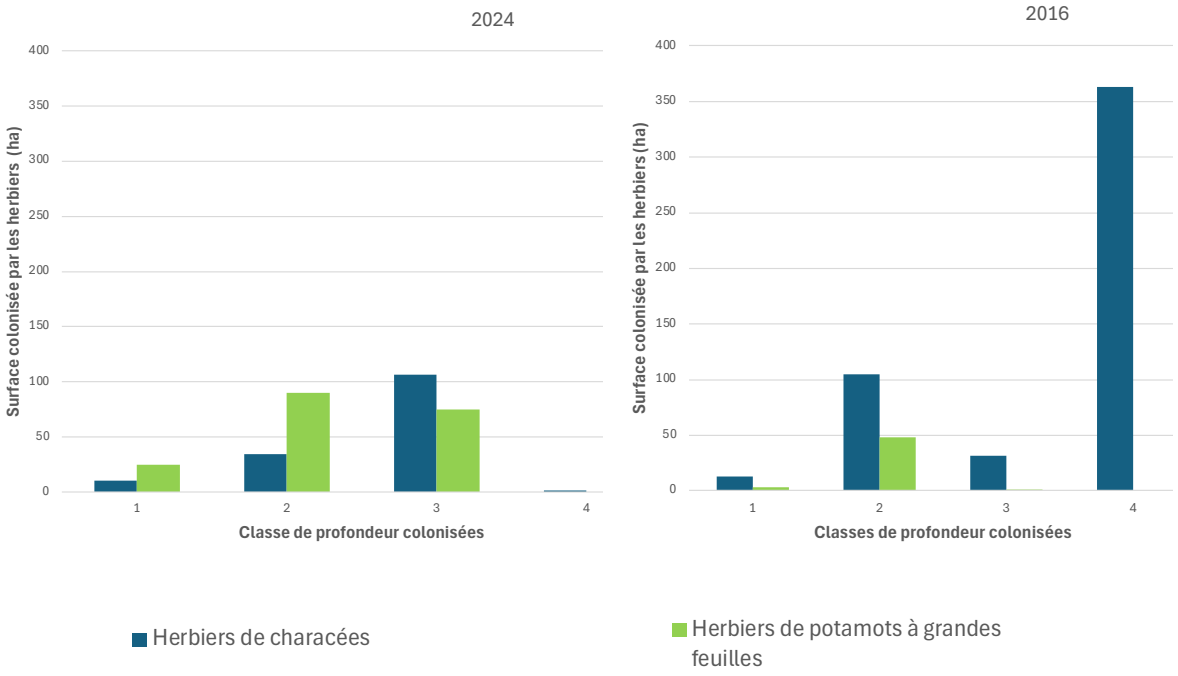


Figure 21 : Surfaces (ha) colonisées par les herbiers de characées et les herbiers de potamots à grandes feuilles dans quatre classes de profondeurs distinctes (Classe 1 : 0 à 2 m ; Classe 2 : 2.1 à 5 m ; Classe 3 : 5.1 à 7.5 m ; Classe 4 : > 7.5 m), en 2024 et en 2016.

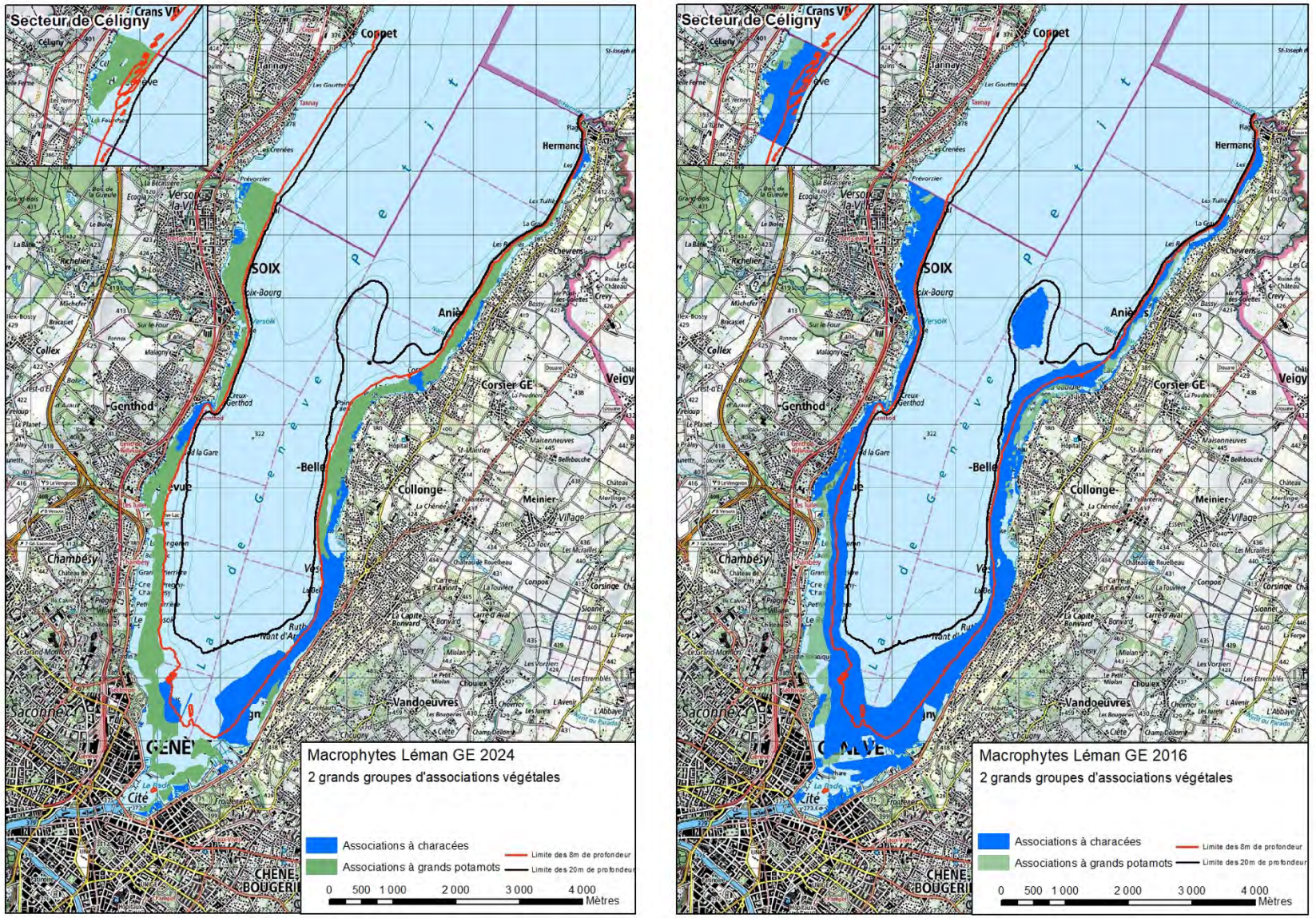


Figure 22 : Carte de répartition des associations de characées et de grands potamots en 2024 et en 2016 dans le Léman genevois.

Évolution des profondeurs maximales colonisées

Le Tableau 6 indique les profondeurs de colonisation maximales observées en plongée en différents points du Léman genevois en 2024 et en 2016.

Les résultats montrent que, dans quasiment toutes les localités, la profondeur de colonisation maximale a reculé en 2024.

En outre, en 2024, seules 8 sites sur 16 abritent encore des herbiers (en bleu dans le Tableau 6) alors que l'ensemble des sites en abritaient en 2016.

Tableau 6 : Profondeurs maximales de colonisation des macrophytes observées en plongée en différents points du Léman genevois en 2024 et en 2016 (sur fond bleu, les sites avec présence d'herbiers ; en blanc, les sites sur lesquels les macrophytes sont présents mais ne forment pas d'herbiers).

Site	Commune	Rive	**Prof 2024 (m)**	*Prof 2016 (m)*	Coord X	Coord Y
Crénées	Mies (VD)	RD	**7.5**	*13.7*	2502937	1127605
Embouchure La Versoix	Versoix	RD	***6.5***	*20.6*	2502480	1125620
Creux de Genthod (amont)	Genthod	RD	**7.5**	*11.6*	2502150	1124540
Vengeron (amont)	Bellevue	RD	***8.5***	*11.6*	2501330	1122930
Reposoir	Pregny-Chambésy	RD	**7.8**	*12.1*	2501135	1120810
Barton	GE (Petit-Saconnex)	RD	***9-11.5***	*11.7*	2501550	1119870
Petite-Rade	GE (Petit-Saconnex)	RD	**8.7**	*9.4*	2501450	1119530
GE-Plage (amont)	Cologny	RG	**9.7**	*10.9*	2501990	1119610
Tour Carrée	Cologny	RG	**10.7**	*12.0*	2502430	1120270
Barge Rampini	Cologny	RG	***9-12.5***	*12.2*	2502930	1120600
La Belotte (bouée jaune Police)	Cologny	RG	**12.0**	*12.5*	2503565	1121370
Pictet - Walkirie	Collonge-Bellerive	RG	***8.1***	*11.0*	2503890	1124160
Corsier Port	Corsier	RG	***9-11***	*12.4*	2504100	1125160
Monts de Corsier	Versoix	RG	***9-11***	*10.9*	2503877	1125690
Corsier Embarcadère	Corsier	RG	***8.5***	*11.5*	2505075	1124970
Anières (amont commune)	Anières	RG	**15.0**	*14.9*	2507100	1127180

6.4 Espèces indicatrices de la trophie des eaux

Le calcul d'un indice de trophie selon la méthode fréquemment utilisée en Europe pour les lacs (Schaumburg *et al.*, 2014) requiert la réalisation de transects de végétation et n'est donc pas adaptée à cette étude.

L'évaluation de l'état écologique du lac en comparant la proportion des végétaux indicateurs de conditions oligotrophes (*Tolypella glomerata et Chara aspera*) à celle des végétaux indicateurs de conditions méso-eutrophes (le reste des espèces) reste purement indicative.

Le Tableau 7 présente les espèces observées en 2024 en fonction de leurs caractéristiques et de leur optimum trophique.

Tableau 7 : Optimum trophique des espèces observées en 2024.

Espèces observées en 2024	**Distribution potentielle de l'espèce en fonction des caractéristiques trophiques[2]**							**Optimum trophique de l'espèce**
	U	O	O-M	M	M-E	E	H	
Chara aspera Willd.								
Chara contraria Kütz.								
Chara denudata A. Braun								
Chara globularis Thuill.								
Nitellopsis obtusa (Desv.) J. Groves								
Tolypella glomerata (Desv.) Leonh.								
Ceratophyllum demersum L.								
Elodea canadensis Michx.								
Elodea nuttallii (Planch.) H. St. John								
Groenlandia densa (L.) Fourr.								
Myriophyllum spicatum L.								
Potamogeton crispus L.								
Potamogeton helveticus (G. Fisch.) W. Koch								
Potamogeton lucens L.								
Potamogeton pectinatus L.								
Potamogeton perfoliatus L.								
Potamogeton pusillus L.								
Potamogeton x *decipiens*								
Zannichellia palustris L.								

Trophie : U : Ultra-oligotrophe ; O : Oligotrophe ; O-M : Oligo-mésotrophe ; M : Mésotrophe ; M-E : Méso-eutrophe ; E : Eutrophe ; H : Hypereutrophe.

Légende des couleurs	**Caractéristique trophique de l'espèce**
	Eaux eutrophes à hypereutrophes, souvent polluées
	Eaux eutrophes
	Eaux mésotrophes à méso-eutrophes
	Eaux oligotrophes à mésotrophes

[2] extrait de Lachavanne et al. 1988

Il est intéressant de relever que deux espèces à caractère strictement oligotrophe à oligo-mésotrophe sont présentes depuis peu dans le Léman genevois et confirment la tendance du Léman à poursuivre son processus de ré-oligotrophisation :

- *Chara aspera*, observée pour la première fois en 2016 lors de la précédente cartographie du lac (Sandoz *et al*., 2017), qui avait disparu du Léman depuis des décennies à la suite de l'eutrophisation du lac (source : Infoflora.ch) ;
- *Tolypella glomerata,* observée pour la première fois dans le Léman genevois en 2024 lors de la présente étude. Cette dernière espèce avait également disparu du Léman et a été réobservée pour la première fois en 2013 devant le musée olympique à Lausanne et dans la baie de Morges en 2017.

Ces deux espèces sont présentes localement (cf. Figure 23). Il sera intéressant de suivre leur évolution dans les années à venir.

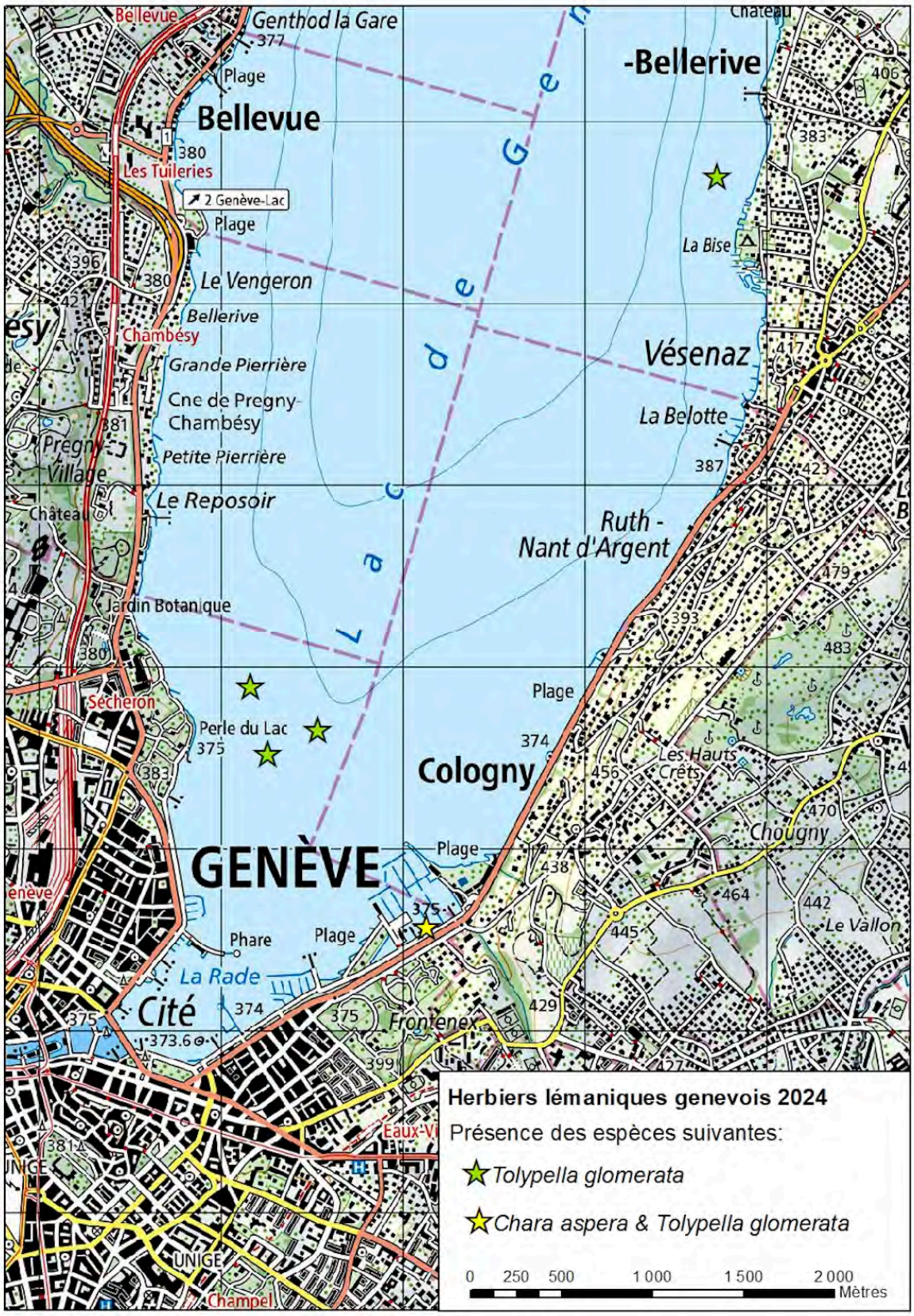


Figure 23 : Secteurs approximatifs avec présence des deux espèces à caractère oligotrophe (pour les surfaces précises colonisées voir la carte sur SITG).

Il semble toutefois que d'autres paramètres que la trophie influencent actuellement l'évolution du peuplement macrophytique du Léman :

- la transparence de l'eau, directement influencée par le développement de la moule quagga, *Dreissena bugensis*, qui filtre jusqu'à 2 l d'eau par jour et par individu. Cette augmentation de la transparence est vraisemblablement favorable au développement des grands potamots dans la classe de profondeurs où leur développement est optimal (2-8 mètres).

- La très forte colonisation de la zone profonde (>8 m) par *Dreissena bugensis.* Cette colonisation des fonds semble pouvoir être directement corrélée à la quasi-disparition (> 99% de perte) du *Charetum globularis* dans cette classe de profondeur.

  Actuellement, dans les zones moins profondes, les conditions semblent moins favorables à l'implantation de *Dreissena bugensis* où sa présence ne semble pas impacter significativement le développement des herbiers.

- Le réchauffement climatique, qui induit un réchauffement des eaux du Léman. Selon la CIPEL, en 2023, les eaux de surface du Léman ont affiché une température moyenne de 13,6 °C, soit 1,3 degré au-dessus de la moyenne des 30 dernières années.

  Le rapport d'Aquabio sur la végétation macrophytique du Léman effectué pour la CIPEL en 2020 soulignait déjà que le réchauffement des eaux pourrait favoriser certaines espèces, comme *Potamogeton perfoliatus* et *Myriophyllum spicatum*. Il relève également que « faute de données permettant d'en étudier les mécanismes, l'impact de la thermie sur les résultats est probablement majeur et peut expliquer une grande partie des différences observées entre 2009 et 2019 » (*ces deux dates correspondant aux deux campagnes de relevés effectuées par la CIPEL sur la végétation aquatique du Léman*).

6.5 Espèces exotiques envahissantes

La situation est restée globalement stable entre 2016 et 2024 concernant les deux espèces classées sur la Liste des néophytes envahissantes et potentiellement envahissantes de Suisse (Info Flora, 2021), *Elodea nuttallii* et *Elodea canadensis*.

Elles sont majoritairement présentes dans les ports (Figure 24). En comparaison avec 2016, il semble que ces néophytes, déjà présentes dans les ports Wilson et Choiseul ont été favorisées par les opérations de dragage portuaire réalisées respectivement en 2023 et en 2021-22.

Toutefois, à la suite de plus de 15 ans de bonnes pratiques dans la gestion cantonale du faucardage, l'expansion des élodées a fortement été contenue dans le Léman genevois. L'amélioration de la qualité des eaux du Léman contribue également à freiner leur expansion car celles-ci se montrent plus envahissantes dans des eaux mésotrophes, voire eutrophes.

Actuellement, dans le Léman genevois, les élodées sont encore bien présentes dans les ports et imposent des mesures de gestion adaptées. Le plan de gestion cantonal pour le faucardage des plantes aquatiques a été actualisé en 2025 (OCAN – DbioF – STE) et décrit les mesures à prendre.

Une attention particulière doit toutefois être portée sur l'arrivée potentielle d'une nouvelle espèce envahissante, le *Lagarosiphon major.* Cette espèce en forte expansion colonise déjà depuis 2018 les côtes françaises, valaisannes et vaudoises du Léman.



Figure 24 : Carte de présence des élodées (*Elodea nuttallii* et *Elodea canadensis*) dans le Léman genevois en 2024.

7 Évolution de la richesse spécifique des hydrophytes submergés

Le Tableau 8 dresse à titre indicatif la liste des espèces d'hydrophytes submergées recensés sur le Léman depuis le début du 20ème siècle à nos jours (1885 et 1904 : Forel ; 1975 : Lachavanne et Wattenhofer, ; 1997 : Ecotec ; 2009 : Aquaplus ; 2019 : Aquabio ; 2016 et 2024 : Sandoz *et al.,*).

Tableau 8 : Liste des espèces d'hydrophytes recensées sur le Léman du début du 20ème siècle à nos jours

Espèces	<1918	1975	1997	2009	2016	2019	2024
Chara aspera Willd.	x				x		x
Chara contraria Kütz.	x	x	x	x	x	x	x
Chara denudata A. Braun				x	x	x	x
Chara globularis Thuill.	x	x	x	x	x	x	x
Chara hispida L.	x						
Chara tomentosa L.	x						
Chara vulgaris L.	x						
Nitella capillaris (Krock.)	x						
Nitella hyalina (DC.) C. Agard	x						
Nitella opaca (Bruzelius) C. Agardh	x						
Nitella syncarpa (Thuill.) Chevall.	x						
Nitellopsis obtusa (Desv.) J. Groves		x	x	x	x	x	x
Tolypella glomerata (Desv.) Leonh.						x	x
Callitriche sp.			x				
Ceratophyllum demersum L.	x	x	x	x	x	x	x
Elodea canadensis Michx.		x	x	x	x	x	x
Elodea nuttallii (Planch.) H. St. John			x	x	x	x	x
Groenlandia densa (L.) Fourr.	x	x	x	x	x	x	x
Lagarosiphon major (Ridl.) Moss						x	x
Myriophyllum spicatum L.	x	x	x	x	x	x	x
Najas flexilis (Willd.)	x						
Najas marina L.			x			x	
Najas minor All.	x						
Potamogeton crispus L.	x	x	x	x	x	x	x
Potamogeton filiformis Pers.	x	x					
Potamogeton gramineus L.	x	x	x				
Potamogeton helveticus (G. Fisch.) W. Koch		x			x		x
Potamogeton lucens L.	x	x	x	x	x	x	x
Potamogeton pectinatus L.	x	x	x	x	x	x	x
Potamogeton perfoliatus L.	x	x	x	x	x	x	x
Potamogeton pusillus L.	x	x	x	x	x	x	x
Potamogeton x angustifolius J. Presl[3]		x					
Potamogeton x decipiens Nolte		x	x		x		x
Potamogeton x nitens Weber		x		x			
Ranunculus trichophyllus Chaix	x	x	x				
Zannichellia palustris L.	x	x	x	x	x	x	x

[3] Autrefois appelé *Potamogeton x zizii* W.D.J.Koch ex Roth

8 Enjeux de conservation

Les principaux enjeux de conservation sont essentiellement liés à la valeur patrimoniale des herbiers. Cette dernière, difficile à définir dans un milieu aquatique dynamique, repose toutefois sur 2 éléments prioritaires :

- la nature et la qualité des habitats ;
- la composition spécifique.

Comme en 2016 (Sandoz & al., 2017), trois compartiments peuvent être découpés selon certains facteurs abiotiques (énergie des vagues, substrat, lumière) et de composition spécifique des macrophytes, dans la zone littorale colonisée :

- la zone peu profonde, du pied de berge jusqu'à une profondeur d'environ 2 mètres ;
- la zone intermédiaire, entre environ 2 et 5 mètres de profondeur ;
- la zone profonde, entre 5 et 8 mètres.

En 2024, il faut encore distinguer la zone profonde du large (> 8m), qui était, en 2016, composée d'herbiers denses et monospécifiques à *Chara globularis* ou *Chara denudata*. Cette zone est actuellement très fortement colonisée par la moule quagga, ce qui semble avoir fait régresser la présence des végétaux aquatiques.

8.1 Définition de zones sensibles

La définition de zones sensibles a pour objectif de mettre en évidence des herbiers qui possèdent une valeur biologique prioritaire.

Ces zones sensibles devront notamment être prises en considération :

- lors de la demande d'autorisation d'agrandir des infrastructures existantes ou d'en construire de nouvelles (point 6.1 et 6.2 de la Directive sur la protection des herbiers (OCEau, 2025)) ;
- dans le cadre de la gestion du faucardage.

Les deux critères suivants ont été étudiés et choisis avec les différents services cantonaux compétents pour définir ces zones sensibles :

- La présence d'espèces menacées à Genève et/ou en Suisse, avec la présence d'au moins une espèce menacée (présence dans une Liste Rouge avec un statut de menace > NT) au sein d'un herbier comme critère diagnostic.

  Les 8 espèces suivantes ont ainsi été prises en compte :

  - *Chara aspera* (LR CH 2012 : VU) ;
  - *Groenlandia densa* (LR GE 2019 : EN) ;
  - *Potamogeton crispus* (LR GE 2019 : VU) ;
  - *Potamogeton helveticus* (LR GE 2019 : RE) ;
  - *Potamogeton pusillus* (LR CH 2016 : VU) ;
  - *Potamogeton* x *decipiens* (LR GE 2019 : EN) ;
  - *Tolypella glomerata* (LR CH 2012 : EN) ;
  - *Zannichellia palustris* (LR CH 2016 : VU).

- La richesse en espèces au sein de l'herbier, avec une présence de plus de 4 espèces au sein d'un herbier comme critère diagnostic (pour rappel, les herbiers plurispécifiques constitués de 5 à 8 espèces représentent 15% du total des herbiers).

  La fragilité des herbiers mixtes lors d'atteinte anthropique a ainsi été prise en compte. En effet, la reconstitution de groupements floristiques associés et de leur équilibre dans l'écosystème est complexe. Un herbier monospécifique n'est pas inintéressant pour autant (zone pour refuge, habitat, reproduction).

Sur ces bases, une carte des zones sensibles a été élaborée (Figure 25) (également présente en Annexe 4).

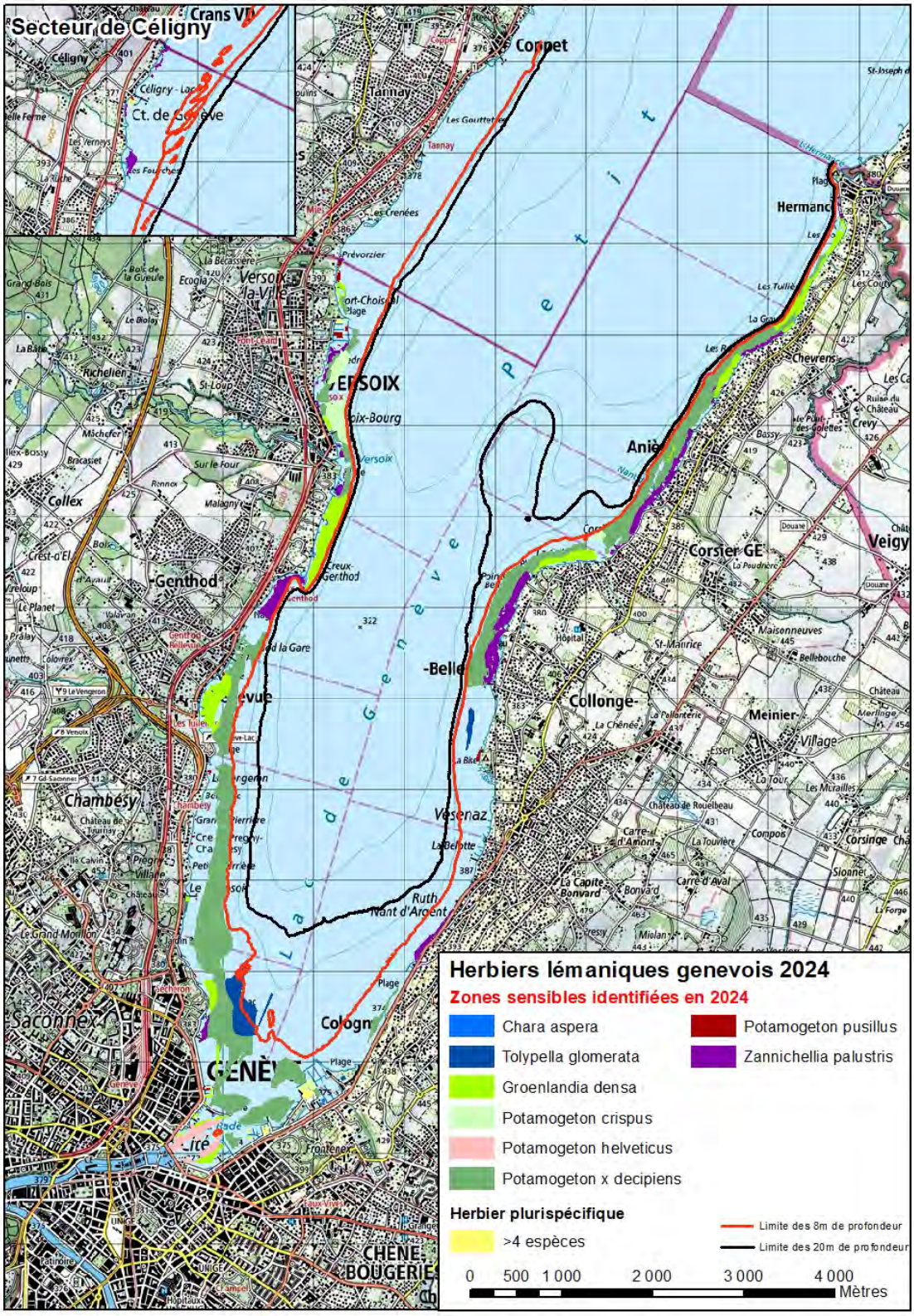


Figure 25 : Carte des zones sensibles.

9 Conclusion

Cette étude a permis de caractériser le peuplement végétal aquatique du Léman genevois présent en 2024 et de mettre en évidence son évolution depuis 2016.

Elle a permis de confirmer les effets de la ré-oligotrophisation du Léman, grâce à l'observation de nouvelles espèces de characées (*Chara aspera* et *Tolypella glomerata*), caractéristiques d'eaux pauvres en nutriments, qui avaient disparues du Léman pendant plus d'un demi-siècle.

Elle a également permis de mettre en évidence l'impact de la moule quagga sur le peuplement de characées des eaux profondes. Le peuplement des macro-algues a en effet subi une réduction spectaculaire entre 2016 et 2024, avec une disparition de 99% des effectifs sur la classe de profondeur supérieure à 8 mètres.

Enfin, cette étude a montré une forte progression des grands potamots dans les profondeurs inférieures à 8 mètres. Les causes de cette progression sont encore inconnues, mais deux éléments peuvent être questionnés : l'impact de l'importante filtration des nutriments par la moule quagga et son effet sur une augmentation probable de la transparence des eaux qui serait favorable à l'activité de photosynthèse des grands potamots, ainsi que le réchauffement des eaux du Léman qui pourrait favoriser le développement de certaines espèces, selon la littérature scientifique (Aquabio, 2020).

La perte d'herbiers à l'échelle du Léman genevois, de l'ordre de 264 hectares en 8 ans, est très préoccupante. Elle montre combien les milieux aquatiques sont fragiles et subissent les pressions très fortes des espèces exotiques envahissantes et potentiellement, du réchauffement climatique.

Cumulées aux pressions anthropiques liées aux activités sportives, de dragage, de faucardage ainsi que de destruction directe des milieux consécutive à l'agrandissement d'installations existantes (ports, pontons…) ou encore à la création de nouvelles infrastructures (plages publiques,), il en résulte une fragilisation des milieux aquatiques en constante augmentation.

Les conséquences sur la faune aquatique (raréfaction des zones de pontes pour la faune piscicole par exemple) liée à la régression de certains milieux et/ou de certains végétaux comme les characées ne sont pas évaluées dans le cadre de ce travail mais mériteraient une attention particulière.

En conclusion, nous ne pouvons que recommander de mieux protéger l'ensemble des herbiers du Léman et de faire prendre conscience au plus large public de l'importance de ces milieux pour la biodiversité et pour le fonctionnement de l'écosystème lacustre.

10 Bibliographie

AFNOR, 2003. Qualité de l'eau. Détermination de l'indice macrophytique en rivière. NF T 90-395. Octobre 2003. AFNOR, 28 p.

AquaPlus, 2010. Etude de la végétation macrophytique du Léman. CIPEL, 30 p. + annexes.

Auderset Joye D., Schwarzer A., 2012. Liste rouge des characées. Espèces menacées en Suisse. Etat 2010. OFEV, LEBA. L'environnement pratique 1213, 72 p.

Aquabio, 202O. Etude de la végétation macrophytique du Léman. CIPEL, 69 p. + annexes.

Bornand C., Gygax A., Juillerat P., Jutzi M., Möhl A., Rometsch S., Sager L., Santiago H., Eggenberg S. 2016 : Liste rouge Plantes vasculaires. Espèces menacées en Suisse. Office fédéral de l'envi-n ronnement, Berne et Info Flora, Genève. L'environnement pratique n° 1621: 178 p.

Ecotec Environnement SA., 1999. La végétation macrophytique du Léman. CIPEL, 95 p.

Ensslin A., Sandoz F., 2025. Liste Prioritaire des plantes vasculaires du canton de Genève. Conservatoire et Jardin botaniques de Genève.

Forel FA., 1885. La faune profonde des lacs suisses. Zurich : Zurcher & Furrer, 234 p.

Forel FA., 1904. Le Léman, monographie limnologique. Lausanne : F. Rouge, 687 p.

Lachavanne JB., & Wattenhofer R., 1975. Contribution à l'étude des macrophytes du Léman. CJB, 172 p.

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 66 :137-156.

Mombrial F., Chevalier M., Favre E., Lacroix A., Sandoz E., Sandoz F., Tribot S., 2020. Liste Rouge des plantes vasculaires du canton de Genève. CJB-OCAN.

OCEAU, 2025. Directive. Protection des herbiers aquatiques lors d'interventions en milieu lacustre et dans les cours d'eau. OCEau.

Schaumburg J., Schranz C., Stelzer D., 2014. Bewertung von Seen mit Makrophyten & Phytobenthos für künstliche und natürliche Gewässer sowie Unterstützung der Interkalibrierung. LAWA, 163 p.

11 Annexes

Annexe 1 : Note méthodologique de la campagne de cartographie 2024

Annexe 2 : Carte des associations (A3)

Annexe 3 : Carte des densités d'herbier (A3)

Annexe 4 : Carte des zones sensibles (A3)

REPUBLIQUE ET CANTON DE GENEVE

Annexe 1

CARTOGRAPHIE DES HERBIERS LACUSTRES DU LEMAN GENEVOIS – ACTUALISATION 2024

Note méthodologique

NOVEMBRE 2024





Mandants :

Office cantonal de l'eau (OCEau)

Office cantonal de l'agriculture et de la nature (OCAN)

BIOL EAU
GREN Sàrl Biologie Appliquée
Emilie Sandoz
ATELIER NATURE PAYSAGE

Photos : *Chara globularis* et herbier de *Potamogeton lucens* © Emilie Sandoz

1 Introduction et contexte de l'étude

En décembre 2015, l'office cantonal de l'eau (OCEau) et l'office cantonal de l'agriculture et de la nature (OCAN) ont mandaté le groupement de bureaux GREN, Biol'Eau, ATNP et Emilie Sandoz en vue d'élaborer une cartographie des herbiers lacustres du Léman genevois.

La végétation aquatique immergée, incluant les plantes vasculaires et les characées, a été cartographiée durant l'été 2016. L'ensemble du littoral genevois, jusqu'à une profondeur de 15 mètres (correspondant à une surface de 1300 hectares), a été prospecté par prélèvements au grappin. Des inventaires complémentaires en plongée subaquatique ont également été réalisés sur les zones de port peu praticables ainsi qu'en différents points pour déterminer les profondeurs maximales de colonisation des macrophytes.

Au printemps 2024, le même groupement a été sollicité par l'OCEau et l'OCAN pour réaliser une actualisation de cette cartographie, en appliquant la même méthodologie qu'en 2016, afin de :

- Identifier et localiser précisément les associations végétales de la benne lacustre (environ 0 à 8 m de profondeur) selon le référentiel PhytoGE ;

- Identifier la composition floristique et le pourcentage de recouvrement des espèces au sein des herbiers ;

- Mettre en évidence les herbiers d'intérêt pour la faune et la flore, à protéger dans le cadre de futurs travaux ;

- Mettre en évidence les herbiers constitués majoritairement de plantes néophytes envahissantes, qui nécessitent de mettre en place des mesures en cas de travaux de dragage par exemple, afin d'éviter leur propagation ;

- Dresser un bilan de l'évolution de la qualité écologiques des eaux sur ces 10 dernières années et identifier les facteurs influençant cette évolution. Cette évaluation sera réalisée sur la base des mêmes indicateurs utilisés en 2016 (profondeur max. de colonisation, % de recouvrement des espèces indicatrices, etc.).

La présente note décrit la méthodologie et le matériel utilisés pour les différentes étapes de ce travail de cartographie, réalisé pendant l'été 2024.

2 Périmètre prospecté

Le périmètre d'étude concerne la zone littorale genevoise incluant l'enclave de Céligny (cf. Figure 1). Les macrophytes peuvent théoriquement être observés jusqu'à une profondeur maximum de 15 mètres. La zone littorale genevoise à cartographier se situe donc entre 0 et 15 mètres de profondeur, ce qui représente 1300 hectares.

Les ports suivants ont été prospectés en plongée : Wilson, Eaux-Vives, Port Noir, Yacht Club, Versoix/Choiseul, Céligny.

Les zones balisées interdites à la navigation incluant une réserve naturelle, des plages, un chantier lacustre et des zones dédiées au ski nautique, ont été sorties de la cartographie.



Figure 1 : Périmètre de cartographie des herbiers du littoral genevois. En bleu : surface d'inventaire des herbiers entre 0 et 15 m de profondeur ; en rouge : zone balisée interdite à la navigation – non prospectée).

3 Dates et conditions de la campagne 2024

Une campagne de prises de vues aériennes a été réalisée le 28 juin 2024 (extrait à la Figure 2). Des photos de très haute qualité ont été obtenues, ce qui a permis de se repérer plus facilement sur l'eau et de pré-identifier certains herbiers. Ceux composés majoritairement de *Potamogeton lucens* ressortaient notamment très bien sur les photos.

La campagne d'inventaire a été réalisée entre le 1er et le 19 juillet 2024.

Le développement des végétaux était optimal en cette période, permettant une identification à l'espèce de manière sûre. En effet, les plantes vasculaires et les characées étaient au maximum de leur développement pour la majorité des espèces.

Enfin, l'inventaire des macrophytes a été réalisé dans des conditions de visibilité et de navigation très favorables.



Figure 2 : Extrait de la photo aérienne réalisée le 28 juin.

4 Equipe en charge des relevés / organisation

4.1 Photographies aériennes

Le bureau GREN, en la personne d'Alain Demierre, a piloté les opérations de logistique pour l'obtention d'orthophotos aériennes de qualité, spécialement commandées pour cette étude.

En effet, afin d'avoir une visibilité optimale des fonds, il est nécessaire de réaliser les photos aériennes par conditions météo particulières : pas de vagues, ciel sans nuages (altitude de vol de 5'000m), luminosité maximale mais non verticale pour éviter les reflets (10-11h ou 14-15h). De plus, avant fin juin, le degré de maturité propre aux différentes espèces de macrophytes n'est pas optimal.

4.2 Cartographie au grappin

Deux équipes ont été formées afin de mener à bien les travaux de terrain, avec à chaque fois : une personne effectuant les relevés au grappin, une personne prenant les points GPS, les notes de relevés, et cartographiant les herbiers, ainsi qu'un pilote (ex. à la Figure 3).

La répartition des équipes s'est faite comme suit :

- Equipe 1 : Responsable des relevés au grappin : Alain Demierre (GREN). Responsable prise de note et cartographie : Alison Lacroix (ATNP). Pilote : Arthur Demierre.
- Equipe 2 : Responsable des relevés au grappin : Pascal Mulattieri (Biol'Eau). Responsable prise de note et cartographie : Emilie Sandoz (Ingénieur HES indépendante). Pilote : Christian Solterer (collaborateur externe Biol'Eau).

Les deux équipes ont avancé parallèlement sur des portions de littoral distinctes.

4.3 Cartographie en plongée subaquatique

L'équipe en charge des observations en plongée comptait : Pascal Mulattieri (Biol'Eau), Alain Demierre (GREN) et Christian Solterer (Biol'Eau). A noter que ces trois biologistes possèdent les brevets de plongée et qualifications nécessaires à ce type de travail ainsi qu'une grande expérience dans ce domaine.

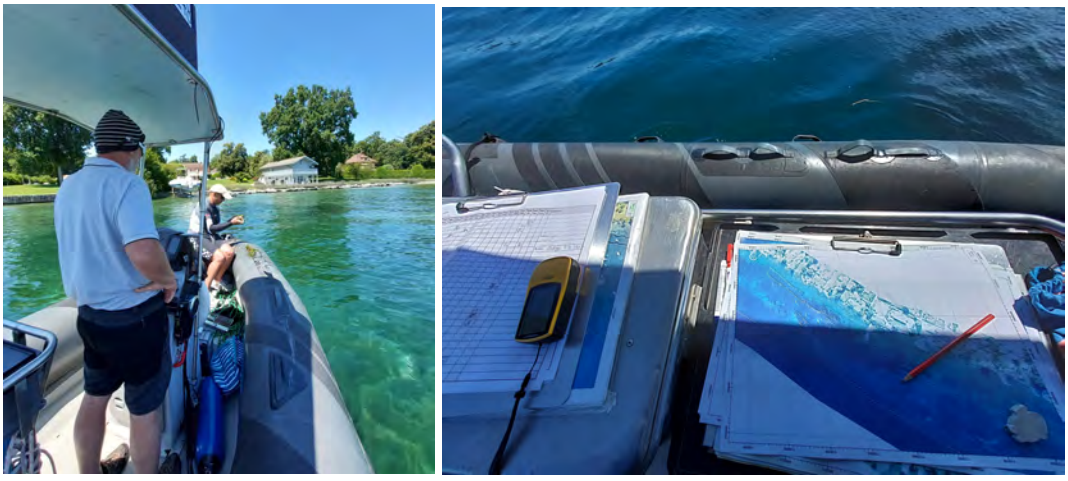


Figure 3 : Organisation des relevés en bateau. A l'avant : le biologiste qui prélève les macrophytes au grappin. Aux commandes : le pilote. Derrière : la personne responsable de la prise de note et de la cartographie.

5 Méthodologie de cartographie

La méthodologie appliquée en vue d'établir une cartographie complète de la zone littorale jusqu'à la profondeur de colonisation maximale des macrophytes est décrite ci-après.

L'objectif du travail de terrain est de déterminer la localisation, la composition floristique et le taux de recouvrement des herbiers de manière à pouvoir attribuer à chacun des polygones détourés sur la carte un nom d'association végétale selon le référentiel PhytoGE (cf. Annexe 1) et une classe de densité selon le Tableau 1.

5.1 Cartographie au grappin

La méthode de cartographie par râtissage des fonds au moyen d'un grappin (double râteau, Figure 4) a été appliquée, à l'identique de 2016.

Cette méthode a été choisie dans un souci d'efficacité suite au test de méthodes réalisé l'été 2015 (ATNP & Emilie Sandoz, 2015), qui a démontré que la méthode au grappin permet en une journée de cartographier une surface trois fois supérieure par rapport à la méthode en plongée.

La méthodologie appliquée est décrite à la page suivante.



Figure 4 : Prélèvement au râteau (à gauche) et détermination des characées à la loupe (à droite).

Une prospection ciblée est réalisée au sein des herbiers par prélèvements successifs au grappin depuis un bateau. Les étapes réalisées lors de l'échantillonnage de chaque herbier sont les suivantes :

1. Sur les zones peu profondes (0-4 m), observation depuis la surface à l'aide de lunettes polarisantes pour visualiser l'étendue et la densité de l'herbier ; La photo aérienne permet aussi de repérer les herbiers et de les pré-détourer.
2. « Râtissage » sur 20-30 mètres de long.
3. Relevé de la profondeur à l'aide d'un échosondeur.
4. Relevé de la position par GPS.
5. Détermination des espèces présentes sur le râteau, ainsi que de leurs abondances relatives.
6. Evaluation du recouvrement global des macrophytes par observation de la densité sur le grappin et/ou visuelle sur les fonds et/ou sur l'échosondeur (Figure 5).
7. Détourage de l'herbier sur les images aériennes imprimées sur des formats A3 (échelle 1 :1000 ou 1 :2000) et quadrillées en carrés de 100 x 100 m (ou 200 x 200 m) avec les coordonnées CH 1903+ MN95, selon la démarche suivante :
   - tant que l'association ne change pas et que la classe de densité globale notée GE (Tableau 1) ne change pas : même polygone ;
   - si l'association change : nouveau polygone ;
   - si la classe de densité GE change au sein d'une même association : nouveau polygone.
8. Notation, pour chaque herbier, des éléments suivants sur une fiche de terrain imprimée au format A3 :
   - le numéro du polygone ;
   - la profondeur moyenne de l'herbier ;
   - l'indice d'abondance MESAV+[1] global des macrophytes (selonTableau 1) ;
   - les espèces présentes et leur indice d'abondance MESAV+ (selon Tableau 1) ;
   - la date.
9. Conservation des éventuelles espèces indéterminées en les consignant dans des flacons avec le numéro de polygone correspondant pour détermination au laboratoire.

La même méthode est appliquée ainsi de suite au sein de chaque herbier qui se succède de la rive jusqu'au large. Une fois dépassée la limite des 8 m, un dernier « râtissage » est réalisé jusqu'à 15 m de profondeur pour déterminer la présence/absence d'herbiers sur la zone profonde et estimer leurs taux de recouvrement.

NB : les champs suivants de la table attributaire sont complétés au bureau une fois la campagne de terrain terminée :

- l'alliance et l'association végétale ;
- les coordonnées X et Y du centre de gravité du polygone ;
- la densité GE globale des macrophytes (selon Tableau 1) ;
- le degré de recouvrement global MESAV+ des macrophytes (selon Tableau 1);
- le code du milieu naturel, selon la liste établie par les Conservatoire et Jardin botaniques de Genève et l'Office cantonal de l'agriculture et de la nature;
- la surface et le périmètre de l'herbier.

[1] AquaPlus (2014): Wasserpflanzenerhebungen, Methodik zur Erfassung der Wasserpflanzen und Seegrundverhältnisse. AQUA & GAS 7/8, 2014, S. 66-77

Tableau 1 : Indices de recouvrement et de densité

INDICE / DEGRE RECOUVREMENT MESAV+		DENSITE GE	
Indice Mesav+	Degré de recouvrement Mesav+ (%)	Densité GE	Représentation carto densité GE
0	<1	Pas de macrophytes (< 1%)	
1	1 à 10	Peu dense (1 à 10%)	
2 3	11 à 25 26 à 50	Moyennement dense (11 à 50%)	
4 5	51 à 75 76 à 100	Dense (51 à 100%)	

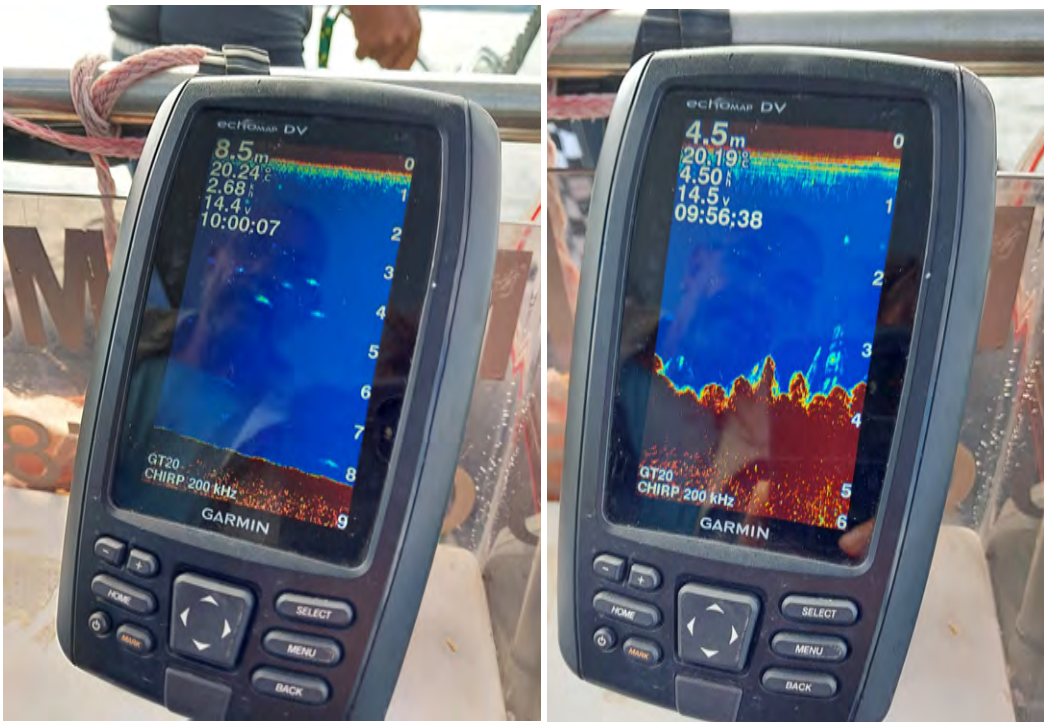


Figure 5 : mesure de la profondeur et détection des macrophytes sur l'échosondeur. A gauche : 8.5 m de profondeur, pas de macrophytes, substrat nu. A droite : 4.5 m de profondeur, présence de grands macrophytes (*P. perfoliatus / P. x decipiens ou P. lucens*) sous forme d'herbiers denses.

5.2 Cartographie en plongée subaquatique

La méthode de cartographie par observation en plongée subaquatique a été appliquée dans les contextes suivants :

- Sur les ports Wilson, Eaux-Vives, Port Noir, Yacht Club, Versoix/Choiseul, Céligny.

  La méthodologie appliquée pour la cartographie des zones profondes et des ports (y compris sous les bateaux) consiste en des relevés exhaustifs. Le plongeur remonte à chaque fois qu'il quitte une zone d'herbier homogène (composition ou densité) pour transmettre la composition floristique de l'herbier, les recouvrements spécifiques, etc. La délimitation se fait sur la carte par l'opérateur surface au moyen des repères fixes présents (digues, pontons, bâtiments, bateaux) et des coordonnées GPS.

- Sur des points au large afin de déterminer la profondeur maximale de colonisation des macrophytes. Des pointages ont été réalisés ponctuellement sur l'ensemble du périmètre d'étude, sur les mêmes zones qu'en 2016, à des fins de comparaison.

  La profondeur est déterminée par le plongeur à l'aide de deux ordinateurs de plongée (Aladin et Suunto).

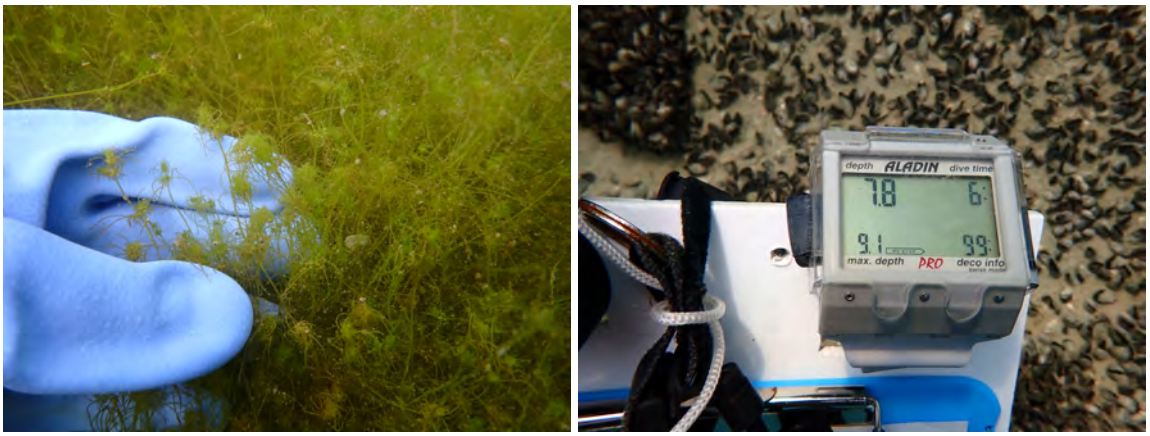


Figure 6 : Herbiers à Tolypella glomerata (vue du plongeur) et mesure de la profondeur à l'aide d'un ordinateur de plongée.

6 Détermination des macrophytes

Les macrophytes sont déterminés directement sur le terrain par le responsable du relevé ou par le plongeur (Figure 4).

Les characées pouvant poser des problèmes d'identification sont conservées dans de l'éthanol à 80% et ramenées au bureau pour une identification sous une loupe binoculaire. Les échantillons particuliers (p.ex *Tolypella glomerata*, Figure 6, à droite) ont été vérifiés par Aurélie Boissezon (Professeur associée, HEPIA).



Figure 6 : *Chara globularis, Nitellopsis obtusa* et *Tolypella glomerata*. Ce dernier échantillon a été vérifié par Aurélie Boissezon, spécialiste des characées.

7 Références

ATNP, SANDOZ E., 2015. Synthèse sur les outils et méthodes de cartographie des macrophytes en milieu lacustre en vue d'une cartographie du littoral lémanique genevois. DGNP, 46 p. + annexes.

PRUNIER P., A. BOISSEZON, J. DUVOISIN, J. STEFFEN., 2020. *Associations végétales du canton de Genève. Clé d'identification illustrée*. Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève, Office cantonal de l'agriculture et de la nature, Genève, 246 p.

PRUNIER P., GREULICH F., BÉGUIN C., BOISSEZON A., DELARZE R., HEGG O., KLÖTLZI F., PANTKE R., STEFFEN J., VITTOZ P., 2019. Phytosuisse : un référentiel pour les associations végétales de Suisse. Disponible sur : https://www.infoflora.ch/fr/milieux/phytosuisse-(prunier-et-al.)/liste-compl%C3%A8te-phytosuisse.html#X consulté le 13.11.2024

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

8 Annexe

Tableau descriptif des associations de macrophytes à cartographier sur le Léman genevois selon le référentiel PhytoGE.

TABLEAU DES ASSOCIATIONS DE MACROPHYTES DU LEMAN GENEVOIS

Alliance	PhytoCH	PhytoGE
Charion vulgaris	*Tolypelletum glomeratae* Gpt dense, non pérenne, à développement printanier (mars-juin), ordmt fertile, dominé par *Tolypella glomerata.*	*Tolypelletum glomeratae* Gpt printannier, dominé par *T. glomerata*
	Charetum asperae Gpt ordmt dense, vert-jaunâtre, dominé par *Chara aspera*, parfois associée à *Chara vulgaris*, *Chara contraria* ou *Potamogeton lucens, P. pusillus* et *Zannichellia palustris. Gpt non pérenne, à développement estival.*	*Charetum asperae* *Gpt dominé par Chara aspera, parfois associée à Ch. vulgaris ou Ch.contraria.*
Alliance	PhytoCH	PhytoGE
Charion globularis	*Nitellopsidetum obtusae* *Gpt dense, plus ou moins continu, dominé par Nitellopsis obtusa, pérenne, à développement estival.*	*Nitellopsidetum obtusae* *Gpt dense dominé par N. obtusa, des beines lacustres ou grands étangs mésotrophes*
	Charetum globularis *Gpt court à moyennement élevé (h = 0,1-0,6 m, dominé par Chara globularis ; remplace le Charetum contrariae en eaux plus profondes.*	*Charetum globularis* *Gpt dominé par Chara globularis, des secteurs à faible luminosité.*
	Charetum contrariae *Gpt dense, court (h = 0,1-0,3 m), à développement estival, dominé par Chara contraria en profondeurs faibles à moyennes (1 < p < 4 m) des lacs et grands étangs mésotrophes. Remplace le Nitellopsidetum obtusae en eaux moins profondes.*	*Charetum contrariae* *Gpt dominé par Chara contraria, des beines lacustres ou grands étangs mésotrophes.*
Alliance	PhytoCH	PhytoGE
Potamion pectinati	*Potametum lucentis* *Gpt très dense, dominé par Potamogeton lucens, ordmt accompagné de Potamogeton pectinatus et P. perfoliatus, des eaux, moyennement profondes (1 < p < 2 m), mésotrophes ; sur substrat meuble, sableux à limono-sableux ; unité remplacée par le Potametum perfoliati à plus grande profondeur ; supporte une légère pollution nutritive, mais est remplacée par le Ceratophylletum demersi ou le Najadetum marinae.*	*Potametum lucentis* *Gpt dominé par Potamogeton lucens, ordinairement accompagné de Myriophyllum spicatum et/ou Chara hispida, des eaux mésotrophes.*

	Potametum perfoliati *Gpt ordmt très dense, très élevé (jusqu'à 4-5 m de haut), dominé par Potamogeton perfoliatus, evt accompagné de P. x decipiens, en eaux assez profondes (2 < p < 5 m), eutrophes ; sur substrat minéral, sable ou argile pauvre en matière organique ; entre en contact avec les unités lacustres du Charion fragilis (Nitellopsidetum obtusae, Charetum globularis).*	*Potametum perfoliati* *Gpt dominé par Potamogeton perfoliatus, év. accompagné de P. x decipiens, des eaux claires, eutrophes ; Sur substrat pauvre en matières organiques.*
	Potametum pectinati *Gpt moyennement dense à dense, pouvant atteindre 3 m de haut, dominé par Potamogeton pectinatus, evt accompagné de Potamogeton crispus, Elodea canadensis, des eaux peu à moyennement profondes (1 < p < 3 m), fréquemment polluées, eutrophes à hypertrophes (eutrophisation anthropique) ; sur substrat argileux épais riche en matière organique.*	*Potametum pectinati* *Gpt dominé par Potamogeton pectinatus, des eaux plus ou moins turbides, hypertrophes ; sur substrat riche en matières organiques.*
	Potamo pectinati-Myriophylletum spicati *Gpt pionnier ordmt dominé par Myriophyllum spicatum, evt accompagné de Potamogeton lucens, P. perfoliatus, plus rarement de Myriophyllum verticillatum, des beines lacustres exposées au vent ; en eaux moyennement profondes (1 < p < 2 (3) m), bien oxygénées, mésotrophes à méso-eutrophes ; sur substrat sableux à sablo-limoneux, pauvre en matière organique.*	*Potamo pectinati-Myriophylletum spicati* *Gpt dominé par Myriophyllum spicatum, des eaux oxygénées ; sur substrat pauvre en matières organiques (phase pionnière).*
	Parvopotamo-Zannichellietum tenuis *Gpt pionnier moyennement dense à dense, dominé par Zannichellia palustris, ordmt accompagnée de Potamogeton pectinatus et Chara contraria, des bordures de lacs, ; en eaux peu profondes (0,4 < p < 1,3 (3) m), supportant une eutrophisation, voire un enrichissement en sels minéraux issus de pollutions urbaines et industrielles ; sur substrat meuble, argileux épais à limono-graveleux, riche en calcium ou matière organique.*	*Parvopotamo-Zannichellietum palustris* *Gpt pionnier, dominé par Zannichellia palustris, des eaux eutrophes.*

Alliance	PhytoCH	PhytoGE
Parvopotamion	*Elodeetum nuttalli* *Gpt dominé par la néophyte invasive Elodea nuttallii, pionnière pouvant persister du fait de son fort pouvoir compétitif, svt accompagnée de Ceratophyllum demersum, tolérant l'eutrophisation, les pollutions industrielles et le réchauffement, en eaux méso-eutrophes à eutrophes, turbides, ; sur substrat limono-argileux.*	*Ceratophyllo demersi – Elodeetum nuttallii* *Gpt dominé par Elodea nuttallii, des eaux se réchauffant rapidement.*
	Elodeetum canadensis *Gpt pionnier héliophile à hémisciaphile dominé par la néophyte invasive Elodea canadensis, ; unité à large amplitude écologique tolérant l'eutrophisation et l'ombrage, en eaux méso-eutrophes à eutrophes, svt d'origine phréatique et relativement fraîches, peu profondes (0,5 < p < 1 (1,5) m), ; sur substrat limono-sableux.*	*Callitricho – Elodeetum canadensis* *Gpt dominé par Elodea canadensis, des eaux ordinairement phréatiques, fraîches.*
	Elodeo canadensis-Potametum crispi *Gpt ordmt peu étendu et moyennement dense, caractérisé par Potamogeton crispus, evt associé à Elodea canadensis, des eaux peu à moyennement profondes (1 < p < 2,5 m) ; en eaux svt polluées par des sels minéraux, mésotrophes à eutrophes,; sur substrat argileux épais enrichi en matière organique.*	*Elodeo canadensis-Potametum crispi* *Gpt caractérisé par Potamogeton crispus, év. associé à Elodea canadensis, des eaux hypertrophes.*
	Ceratophyllum demersi *Gpt dense, souvent monospécifique, dominé par Ceratophyllum demersum, en eaux peu profondes (p < 1,5 m), eutrophes à hypertrophes ; sur substrat argileux épais, riche en nutriments et matière organique.*	*Ceratophyllum demersi* *Gpt dominé par Ceratophyllum demersum, des eaux hypertrophes (eutrophisation anthropique).*
	Potametum berchtoldii-pectinati *Gpt plus ou moins dense, annuel, dominé par Potamogeton berchtoldii et P. pectinatus, des eaux peu à moyennement profondes (0,2 < p < 1 (2) m), méso- à eutrophes ; sur substrat organique, argileux. Tolère l'eutrophisation.*	*Potametum berchtoldii-pectinati* *Gpt dominé par P. berchtoldii, comprenant év. Potamogeton pectinatus.*
Alliance	PhytoCH	PhytoGE
Ranunculion fluitantis	*Groenlandietum densae* *Gpt héliophile à hémisciaphile, ordmt peu dense et diversifié, caractérisé par Groenlandia densa evt associée à Elodea canadensis, Myriophyllum spicatum, des beines lacustres, , peu profondes (0,3 < p < 1 m), oligotrophes à mésotrophes, non polluées, claires; sur substrat limono-argileux à sableux.*	*Groenlandietum densae* *Gpt caractérisé par Groenlandia densa, des eaux stagnantes.*

Enclave de Céligny

Etat de Genève
Office cantonal de l'eau
Office cantonal de l'agriculture et de la nature

POST TENEBRAS LUX

Annexe 2

Cartographie des herbiers du littoral lémanique genevois

Limites du bassin lémanique genevois

Groupements végétaux recensés (associations selon la typologie PhytoGE)

Alliance du Charion vulgaris
- Tolypelletum glomeratae
- Charetum asperae

Alliance du Charion globularis
- Nitellopsidetum obtusae
- Charetum globularis
- Charetum contrariae

Alliance du Potamion pectinati
- Potametum lucentis
- Potametum perfoliati
- Potametum pectinati
- Potamo pectinati - Myriophylletum spicati
- Parvopotamo - Zannichellietum palustris

Alliance du Parvopotamion
- Elodeo canadensis - Potametum crispi
- Ceratophylletum demersi
- Callitricho - Elodeetum canadensis
- Ceratophyllo demersi - Elodeetum nuttallii
- Potametum berchtoldii - pectinati

Alliance du Ranunculion fluitantis
- Groenlandietum densae

Alliance du Phragmition australis
- Phragmitetum australis

Autres
- Eau sans végétation
- Non parcouru

0 0.5 1 Kilomètres

N

Orthophoto 2023 - Auteur : A. Lacroix - 16.06.2025

BIOL EAU · GREN Sàrl Biologie Appliquée · Emilie Sandoz · ATELIER NATURE PAYSAGE

Enclave de Céligny

Etat de Genève
Office cantonal de l'eau
Office cantonal de l'agriculture et de la nature

POST TENEBRAS LUX

Annexe 3

Densité de la végétation macrophytique sur le bassin lémanique genevois

Limites du bassin lémanique genevois

Densité des macrophytes

- Pas de macrophytes (<1%)
- Peu dense (1 à 10%)
- Moyennement dense (11 à 50%)
- Dense (51 à 100%)

0 0.5 1 Kilomètres

N

Orthophoto 2023 - Auteur : A. Lacroix - 16.06.2025

BIOL EAU

GREN Sàrl Biologie Appliquée

Emilie Sandoz

ATELIER NATURE PAYSAGE

Enclave de Céligny

Etat de Genève
Office cantonal de l'eau
Office cantonal de l'agriculture et de la nature

POST TENEBRAS LUX

Annexe 4

Cartographie des herbiers du littoral lémanique genevois
Zones sensibles identifiées en 2024

Limites du bassin lémanique genevois

Espèces menacées

- Chara aspera
- Tolypella glomerata
- Groenlandia densa
- Potamogeton crispus
- Potamogeton helveticus
- Potamogeton x decipiens
- Potamogeton pusillus
- Zannichellia palustris

Herbier plurispécifique

- >4 espèces

0 0.5 1 Kilomètres

N

Orthophoto 2023 - Auteur : A. Lacroix - 17.06.2025

BIOL EAU | GREN Sàrl Biologie Appliquée | Emilie Sandoz | ATELIER NATURE PAYSAGE