

MACROPHYTES ET MOULES INVASIVES DU LEMAN

MACROPHYTES AND INVADING MUSSELS OF LAKE GENEVA

CAMPAGNE 2019

PAR

Frédéric LABAT

AQUABIO, 10 RUE HECTOR GUIMARD, 63800 COURNON-D'AUVERGNE

RÉSUMÉ

En 2019, une campagne de relevé des macrophytes du Léman et des moules du genre Dreissena a été effectuée afin d'analyser l'évolution qualitative et quantitative des communautés de macrophytes et de moules invasives.

Dans un contexte de réchauffement progressif des eaux superficielles observé depuis 1973, la zone littorale se caractérise par une évolution dans la distribution des espèces. On remarque que les herbiers de grandes espèces prospèrent au détriment des petites espèces qui se cantonnent sur de petites surfaces. La richesse floristique à l'échelle du Léman reste comparable à celle de 2009. Les herbiers de macrophytes atteignent généralement les limites de la beine lacustre, dans les gammes de profondeurs maximales de colonisation que peuvent atteindre les spermaphytes dans la littérature (8-14m).

La comparaison des abondances relatives des chroniques de 1975 à 2019 met en évidence (1) la régression constante de Stuckenia pectinata, espèce qui a prospéré dans les eaux du Léman du début du 20^{ème} siècle à la mise en place des mesures d'amélioration de qualité des eaux. (2) En parallèle, la progression de Chara denudata (dont le statut taxonomique est peu clair) semble indiquer que la qualité des eaux du Léman s'améliore. Les grands herbiers de S. pectinata sont progressivement supplantés par des herbiers de Potamogeton perfoliatus et Myriophyllum spicatum.

Les recouvrements de characées sont en régression par rapport aux recouvrements de 2009. Cette régression a probablement pour origine une variabilité spatio-temporelle importante difficile à mettre en évidence dans le cadre d'un suivi décennal. Face à un contexte de réchauffement progressif des eaux superficielles, il est possible que l'on observe à terme des modifications des communautés de macrophytes en faveur des espèces les plus thermophiles. Le suivi sur les moules a mis en évidence le remplacement de D. polymorpha par D. rostriformis bugensis, comme observé dans la plupart des lacs profonds en Europe. Les recouvrements de moules sur la beine restent comparables à ceux de 2009.

1. INTRODUCTION

Les macrophytes et les moules invasives ont fait l'objet d'un suivi en plongée durant l'été 2019 sur 50 transects de 5m de large répartis sur 6 secteurs représentatifs de toute la zone littorale du Léman. Le positionnement de ces transects a été réalisé en 2009 (Aquaplus, 2010).

Des relevés complémentaires de macrophytes et de moules ont été réalisés sur 8 unités d'observation selon la norme AFNOR XPT90-328 (AFNOR, 2010). Ces relevés ont également été réalisés en plongée.

Cette étude comporte l'analyse de l'évolution qualitative et quantitative des communautés de macrophytes et de moules du genre *Dreissena*. Différentes données descriptives, telles que les profondeurs maximales de colonisation, la richesse et la composition floristique, les abondances brutes et relatives ont été analysées. Des indices IBML (Boutry et al., 2013) et Lawa-DCE (Schaumburg et al., 2014) ont également été calculés à titre indicatif.

2. METHODES

Deux méthodes d'échantillonnage ont été appliquées :

- La méthode appliquée par Aquaplus lors du précédent suivi décennal, sur 50 transects répartis en 6 secteurs autour du Léman, et positionnés aux mêmes endroits qu'en 2009.
- Des relevés complémentaires ont été réalisés avec la méthode de la Norme XPT90-328, sur 8 unités d'observation (combinaison d'un relevé de rive et de 3 profils de 100m maximum perpendiculaires à la rive). Les points contacts ont été réalisés en plongée. Les unités d'observation ont été positionnées autant que possible au droit des transects du protocole 2009.

Les relevés ont été réalisés du 24 juillet au 1^{er} août 2019, par 2 équipes de plongeurs. Les observations ont été menées sur chaque transect ou profil perpendiculaire soit en apnée (profondeurs <8m), soit en bouteille. Les plongeurs ont commencé leur prospection de la fin de la beine lacustre vers la rive, et ont matérialisé chaque point de remontée afin de reprendre leurs observations au point exact où elles s'étaient interrompues.

Chaque transect a été divisé en segments présentant une structure d'herbier homogène. Les profondeurs de début et de fin de chaque segment ont été relevées, ainsi que les recouvrements de chaque espèce présente.

Des échantillons d'espèces non identifiables sur le terrain ont été récoltés pour être identifiés au laboratoire.

Les résultats obtenus sur les transects ont été comparés avec les données récoltées en 2009, qui ont fait l'objet du même protocole (Aquaplus, 2010). Les abondances relatives des macrophytes ont été comparées avec les chroniques existantes produites à l'échelle du Léman et aux résultats comparables (Lachavanne & Wattenhofer, 1975; ECOTEC, 1999; Aquaplus, 2010).

Les statuts des espèces observées ont été vérifiés à partir, pour la Suisse des listes rouges des plantes vasculaires et des Characées de Suisse (Auderset Joye & Schwarzer, 2012; Bornand et al., 2016), et pour la France de la dernière base de connaissance « statuts » de l'Inventaire National du Patrimoine Naturel (Gargominy & Régnier, 2020). La taxonomie utilisée dans ce rapport est celle de la dernière base TAXREF (Gargominy et al., 2019).

La CIPEL a désiré acquérir des données aériennes (h 2000 m) permettant de visualiser les herbiers lacustres des 6 secteurs de rive du lac Léman. C'est finalement l'ensemble du pourtour du lac qui a été l'objet de cette acquisition. Elle a permis de s'assurer de l'efficacité des transects pour obtenir une image représentative des herbiers.

3. RESULTATS

3.1. COMPARAISON DES RELEVÉS DE MACROPHYTES RÉALISÉS SUR LES TRANSECTS

3.1.1 Profondeurs de colonisation des macrophytes

Les relevés réalisés en 2019 indiquent des profondeurs de colonisation maximales par secteur souvent supérieures. Les distances à la berge sont très proches, la végétation s'arrête à proximité ou au droit de la fin de la beine lacustre. Cette zone est située entre 8 et 14m de profondeur, gamme correspondant aux profondeurs maximales de colonisation des spermaphytes identifiées par la littérature (Hutchinson G. E, 1975). Une amélioration de la qualité de l'eau ne devrait donc plus conduire à une amélioration significative des profondeurs de colonisation (sauf peut-être pour les characées). Toute légère variation de distance à la berge et de profondeur à proximité de cette zone est probablement liée à une variabilité spatio-temporelle des herbiers (déplacement, régression ou progression d'herbiers organisés en patch, difficiles à bien prendre en compte avec des transects).

3.1.2 Comparaison des abondances relatives sur les chroniques de 1975 à 2019

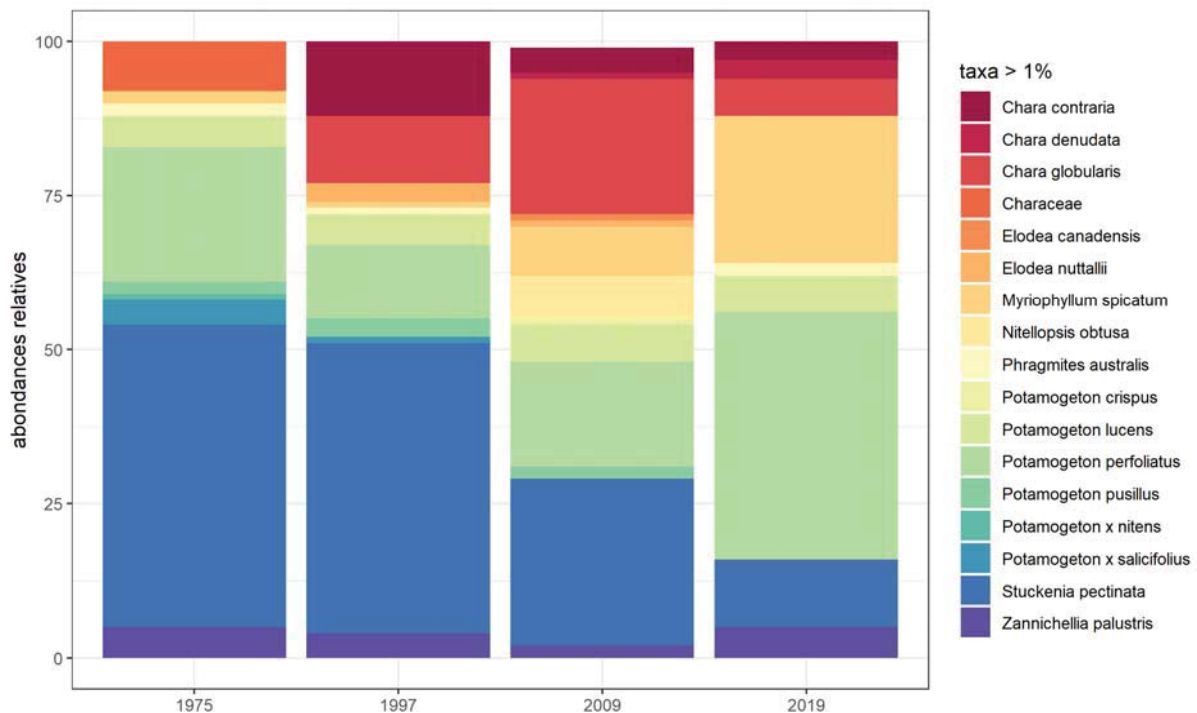


Figure 1 : Evolution des abondances relatives des principales espèces de macrophytes de 1975 à 2019

Figure 1: Evolution of macrophytes relative abundances since 1975 to 2019.

Stuckenia pectinata, considérée dès 1904 comme indicatrice d'une altération des eaux du Léman (Forel, 1904; Perfetta, 2011), est en nette régression.

Potamogeton perfoliatus formait de grands herbiers dans le Léman au début du 20^{ème} siècle (Forel, 1904). Cette espèce semble avoir régressé concomitamment à la progression de *S. pectinata* suite à l'altération des eaux du Léman (Lods-Crozet & Gerdeaux, 2013). L'espèce retrouve aujourd'hui des recouvrements importants.

Les herbiers de Characées, en progression lors des précédents suivis, sont en régression, probablement étouffées par les hydrophytes ou impactées par les fortes températures de la dernière décennie. *C. denudata* est toutefois en progression, indice d'oligotrophisation du Léman (Auderset Joye & Boissezon, 2014). La position taxonomique de cette espèce est néanmoins douteuse. Elle est considérée par certains auteurs comme une forme dégradée de *C. contraria* (Auderset Joye & Boissezon, 2014), comme semblent le confirmer des analyses génétiques (Schneider et al., 2016). Les characées sont probablement les macrophytes aux recouvrements les plus variables, tant dans l'espace que dans le temps (Wood, 1950; Hutchinson G. E, 1975; Sellier et al., 2015). Les évolutions de recouvrement sur un échantillonnage ponctuel réalisé tous les 10 ans sont à considérer avec prudence.

Dans le Léman, *Myriophyllum spicatum* est en progression. Or, une régression de cette espèce au profit des Characées a été observée dans le Lac de Constance (Richter & Gross, 2013). Ici le phénomène est inverse. Il est à supposé que *M. spicatum* soit favorisé dans un premier temps par l'amélioration de la transparence de l'eau, ce qui est sans doute aussi valable pour *P. perfoliatus* (Patrick et al., 2012; Torn et al., 2019). Mais il est possible qu'à l'avenir, ces tendances varient et soient perturbées par plusieurs facteurs, dont celui du réchauffement climatique.

3.1.3 Richesse et composition floristique

18 espèces ont été relevées sur les transects en 2019 contre 17 en 2009.

Deux espèces sont nouvelles pour le Léman :

- *Najas marina* espèce plutôt euryèce et méso-eutrophile, mais en régression partout en Europe. L'espèce est protégée en région Rhône-Alpes.
- *Lagarosiphon major*, espèce exotique envahissante préoccupante en Europe et interdite d'introduction en France.

Deux espèces n'ont pas été retrouvées sur les transects :

- *Elodea nuttalli*, espèce invasive, encore représentée en abondance dans les ports, et en dérive près des transects, qui semble en nette régression sur le Léman,
- *Potamogeton x nitens*, déjà très rare en 2009 (Aquaplus, 2010).

Tolypella glomerata, espèce plutôt mésotrophile, est considérée comme en danger en Suisse. Elle a été réobservée pour la 1^{ère} fois en 2003 (Auderset Joye & Boissezon, 2014).

Zannichelia palustris, et *Potamogeton pusillus*, espèces eutrophiles, sont considérées comme vulnérables en Suisse. Les populations de *Z. palustris* semblent en progression, tandis que *P. pusillus* semble en régression.

Sur les unités d'observation du protocole XPT90-328, plusieurs espèces complémentaires parfois remarquables ont été identifiées dont :

- *Lagarosiphon cordofanus* autre espèce exotique à surveiller,
- *Ulvella cladophorae* (Hornby) A.C.Mathieson & Dawes 2017 et *Ulvella bullata* (C.-C.Jao) H.Zhu & G.Liu, nouvelles espèces d'algues Chlorophytes pour la France et la Suisse.

3.2. INTERPRÉTATION DES ORTHOPHOTOGRAPHIES

Les données aériennes ont mis en évidence une forte hétérogénéité spatiale, avec une végétation organisée en patchs. Les relevés réalisés sur les transects semblent ne pas traduire convenablement les recouvrements des secteurs qu'ils sont censés représenter, et des espèces parfois abondantes ont pu être ratées. Cela a pu générer des incertitudes sur les résultats du suivi. Toutefois, l'expression des recouvrements en abondances relatives (Figure 1) est assez peu sensible à ce type de biais.

3.3 EVALUATION DE L'ÉTAT BIOLOGIQUE À PARTIR DE L'IBML ET DE L'INDICE LAWA-DCE

Ces indices, valable pour l'Allemagne (LAWA) et pour la France (IBML) ne sont a priori pas adaptés pour un plan d'eau comme le Léman. Ils ont été calculés à titre informatif.

D'après l'IBML, le Léman serait en état médiocre avec un EQR de 0.367, et en état moyen d'après l'indice LAWA, avec un EQR de 0.43.

3.4 ETAT DE LA POPULATION DES MOULES INVASIVES DREISSENA POLYMORPHA ET D. ROSTRIFORMIS BUGENSIS

Les moules invasives du genre *Dreissena* peuvent coloniser très largement les fonds lacustres et modifier le fonctionnement trophique d'un plan d'eau. Elles augmentent la transparence des eaux, en raison d'un pouvoir filtrant très élevé, et permettent une meilleure colonisation du plan d'eau par les macrophytes (Vanderploeg et al., 2002; Zhu et al., 2006; Ibelings et al., 2007). Elles offrent plus d'habitats et de ressources

aux poissons et invertébrés dans la zone littorale, mais entrent en compétition pour la ressource et les habitats en zone profonde (Karatayev et al., 2015). La moule zébrée *Dreissena polymorpha* a été observée pour la première fois dans le Léman en 1965 (Binder, 1965), tandis que la moule quagga *D. rostriformis bugensis* a été observée pour la première fois en 2015.

L'analyse des échantillons de la beine ramenés au laboratoire donne une forte dominance de moules quagga. Cette espèce constitue environ 80 % des individus échantillonnés. Les 20 % restants sont composés de moule zébrée (4 %) et de moules indéterminées (16 %). La moule quagga, dernière arrivée dans le lac, semble largement supplanter la moule zébrée. Il s'agit d'un phénomène observé un peu partout en Europe et Amérique du Nord dans les lacs profonds, pour lesquels l'espèce a un fort avantage compétitif, pouvant coloniser de très grandes profondeurs (Karatayev et al., 2015; Strayer et al., 2019).

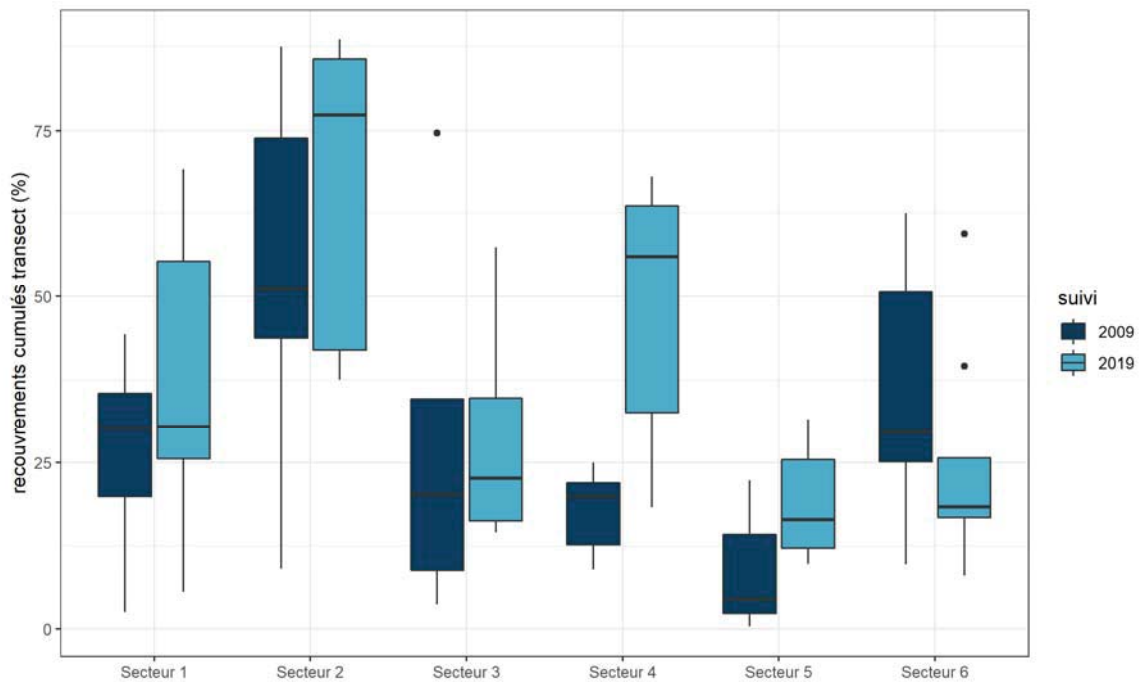


Figure 2 : Evolution des recouvrements du genre *Dreissena* entre 2009 et 2019
Figure 2 : Evolution of *Dreissena* coverage from 2009 to 2019.

4. CONCLUSION

Le suivi des macrophytes réalisé en 2019 semble mettre en évidence une amélioration de la qualité des eaux du Léman. Toutefois certaines espèces, en particulier des characées, ont régressé de manière inattendue. Cette régression, qui peut être saisonnière, pourrait être liée au dérèglement climatique. Des suivis plus fréquents et éventuellement plus localisés permettraient de mieux distinguer l'influence de l'amélioration de la qualité des eaux de celle de la thermie, qui peut avoir un impact important sur les herbiers de macrophytes.

BIBLIOGRAPHIE

- AFNOR, 2010. XP T90-328 - Échantillonnage des communautés de macrophytes en plans d'eau. 33.
- Aquaplus, 2010. Etude de la végétation macrophytique du Léman - Relevés en juillet 2009. Aquaplus, Zug, CIPEL: 178.
- Auderset Joye, D., & A. Boissezon, 2014. Les Characées de Genève et environs Distribution et Ecologie. Université de Genève: 92.
- Auderset Joye, D., & A. Schwarzer, 2012. Liste rouge characées - Espèces menacées en Suisse, état 2010. Office fédéral de l'environnement, Laboratoire d'Ecologie et de Biologie Aquatique de l'Université de Genève, Berne.

- Binder, E., 1965. Un mollusque envahissant: la *Dreissena polymorpha* (Léman). Revue mensuelle du Museum de Genève 54: 2–4.
- Bornand, C., A. Gygax, P. Juillerat, M. Jutzi, A. Möhl, S. Rometsch, L. Sager, H. Santiago, & S. Eggenberg, 2016. Liste rouge Plantes vasculaires - Espèces menacées en Suisse. Office fédéral de l'environnement, Info flora, Berne.
- Boutry, S., V. Bertrin, & A. Dutartre, 2013. Méthode d'évaluation de la qualité écologique des plans d'eau basée sur les communautés de macrophytes Indice Biologique Macrophytique en Lac (IBML) - Rapport d'avancement. IRSTEA: 47.
- ECOTEC, 1999. La végétation macrophytique du Léman. CIPEL: 95.
- Forel, F.-A., 1904. Le Léman, monographie limnologique. F. Rouge, Lausanne.
- Gargominy, O., & C. Régnier, 2020. Base de connaissance "Statuts" des espèces en France. Version pour TAXREF v13.0. UMS 2006 Patrimoine naturel, Muséum national d'Histoire naturelle. [version du 21 janvier 2020]., <https://inpn.mnhn.fr/telechargement/referentielEspece/bdc-statuts-especes>.
- Gargominy, O., S. Tercerie, C. Régnier, T. Ramage, P. Dupont, P. Daszkiewicz, & L. Poncet, 2019. TAXREF v13, référentiel taxonomique pour la France : méthodologie, mise en œuvre et diffusion. Muséum national d'histoire naturelle: 64, <https://inpn.mnhn.fr/telechargement/referentielEspece/taxref/13.0/menu>.
- Hutchinson G. E., 1975. A Treatise on limnology: Vol-3: Limnological Botany. John Wiley and Sons, New York.
- Ibelings, B. W., R. Portielje, E. H. R. R. Lammens, R. Noordhuis, M. S. van den Berg, W. Joosse, & M. L. Meijer, 2007. Resilience of Alternative Stable States during the Recovery of Shallow Lakes from Eutrophication: Lake Veluwe as a Case Study. *Ecosystems* 10: 4–16.
- Karatayev, A. Y., L. E. Burlakova, & D. K. Padilla, 2015. Zebra versus quagga mussels: a review of their spread, population dynamics, and ecosystem impacts. *Hydrobiologia* 746: 97–112.
- Lachavanne, J. B., & R. Wattenhofer, 1975. Contribution à l'étude des macrophytes du Léman. Conservatoire botanique de Genève.
- Lods-Crozet, B., & D. Gerdeaux, 2013. Changements des communautés biologiques littorales et piscicoles dans le Léman en relation avec les pressions sur l'écosystème. *ARCHIVES DES SCIENCES* 66: 137–156.
- Patrick, D. A., N. Boudreau, Z. Bozic, G. S. Carpenter, D. M. Langdon, S. R. LeMay, S. M. Martin, R. M. Mourse, S. L. Prince, & K. M. Quinn, 2012. Effects of climate change on late-season growth and survival of native and non-native species of watermilfoil (*Myriophyllum* spp.): Implications for invasive potential and ecosystem change. *Aquatic Botany* 103: 83–88.
- Perfetta, J., 2011. Etude de la végétation macrophytique du Léman - Campagne 2009. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut. 141–142.
- Richter, D., & E. M. Gross, 2013. Chara can outcompete *Myriophyllum* under low phosphorus supply. *Aquatic Sciences* 75: 457–467.
- Schaumburg, J., C. Schranz, & D. Stelzer, 2014. Bewertung von Seen mit Makrophyten & Phytobenthos für künstliche und natürliche Gewässer sowie Unterstützung der Interkalibrierung. Bayerisches Landesamt für Umwelt.
- Schneider, S. C., P. Nowak, U. V. Ammon, & A. Ballot, 2016. Species differentiation in the genus *Chara* (Charophyceae): considerable phenotypic plasticity occurs within homogenous genetic groups. *European Journal of Phycology* Taylor & Francis 51: 282–293.
- Sellier, Y., L. Elisabeth, & P. Plat, 2015. Initiation à l'étude des characées Exemple appliqué à la réserve naturelle du Pinail complément 2013. , <http://rgdoi.net/10.13140/RG.2.1.4087.6246>.
- Strayer, D. L., B. V. Adamovich, R. Adrian, D. C. Aldridge, C. Balogh, L. E. Burlakova, H. B. Fried-Petersen, L. G.-Tóth, A. L. Hetherington, T. S. Jones, A. Y. Karatayev, J. B. Madill, O. A. Makarevich, J. E. Marsden, A. L. Martel, D. Minchin, T. F. Nalepa, R. Noordhuis, T. J. Robinson, L. G. Rudstam, A. N. Schwalb, D. R. Smith, A. D. Steinman, & J. M. Jeschke, 2019. Long-term population dynamics of dreissenid mussels (*Dreissena polymorpha* and *D. rostriformis*): a cross-system analysis. *Ecosphere* 10: e02701.
- Torn, K., A. Peterson, K. Herkül, & Ü. Suursaar, 2019. Effects of climate change on the occurrence of charophytes and angiosperms in a brackish environment. *Webbia* 74: 167–177.
- Vanderploeg, H. A., T. F. Nalepa, D. J. Jude, E. L. Mills, K. T. Holeck, J. R. Liebig, I. A. Grigorovich, & H. Ojaveer, 2002. Dispersal and emerging ecological impacts of Ponto-Caspian species in the Laurentian Great Lakes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 59: 1209–1228.
- Wood, R. D., 1950. Stability and Zonation of Characeae. *Ecology* 31: 642–647.
- Zhu, B., D. G. Fitzgerald, C. M. Mayer, L. G. Rudstam, & E. L. Mills, 2006. Alteration of Ecosystem Function by Zebra Mussels in Oneida Lake: Impacts on Submerged Macrophytes. *Ecosystems* 9: 1017–1028.