

PROTECTION DES INSTALLATIONS DE POMPAGE CONTRE LES MOLLUSQUES DU GENRE DREISSENA

La moule quagga représente un risque majeur pour les prises d'eau et les infrastructures lacustres en Suisse. Un dispositif de protection a été testé durant plusieurs mois sur une conduite du site des Jeunes-Rives à Neuchâtel. Les premiers résultats confirment une forte réduction de la colonisation sans impact sur l'environnement.

Gaëtan Ruprecht; Maxime Roten; Joanne Botteron, Dreissena Systems Sàrl, Neuchâtel

La moule quagga (*Dreissena bugensis*) est aujourd'hui considérée comme l'une des espèces invasives les plus problématiques dans les lacs suisses et dans le monde. Originaire de la mer Noire, elle a été introduite accidentellement dans les lacs suisses au début des années 2010, probablement via les eaux de ballast de bateaux. En quelques années, elle a colonisé la plupart des grands lacs (Constance, Léman, Neuchâtel, Bienne), provoquant une transformation rapide des écosystèmes [1].

LA MOULE QUAGGA: UNE MENACE POUR LES INFRASTRUCTURES LACUSTRES

Outre son impact écologique, la moule quagga constitue une menace majeure pour les infrastructures techniques: conduites d'eau brute, conduites de prélèvement d'eau de lac pour réseaux d'anergie, de chauffage ou de refroidissement urbain, systèmes de pompage filtres ou turbines. Les larves, microscopiques, se fixent en grand nombre sur les surfaces immergées et forment des colonies denses qui obstruent les prises d'eau. Ce phéno-

mène d'encrassement biologique, ou «biofouling», entraîne des pertes hydrauliques, une réduction du rendement énergétique et des coûts d'entretien considérables. En Suisse, certaines installations doivent être nettoyées plusieurs fois par an, ce qui engendre des arrêts de service coûteux [2].

Les méthodes curatives actuellement utilisées, comme les traitements chimiques, rinçages thermiques ou mécaniques, voire remplacements réguliers des crépines, présentent des limites évidentes: coûts d'exploitation élevés, contraintes réglementaires et impacts environnementaux [3].

Ces contraintes ont favorisé la réflexion pour des solutions préventives agissant avant la fixation des larves. C'est dans ce contexte que *Dreissena Systems Sàrl*, société neuchâteloise, a développé une technologie basée sur les ultrasons visant à protéger les systèmes d'aspiration et de pompage en milieu lacustre. L'objectif du présent essai est d'évaluer, dans un environnement lacustre réel, l'efficacité de ce dispositif pour réduire la colonisation, tout en garantissant la compatibilité hydraulique et écologique.

PRINCIPE DE LA TECHNOLOGIE À ULTRASONS

Créer un milieu défavorable à la fixation d'individus

Le dispositif repose sur l'émission d'ultrasons de basse intensité diffusés sur le pourtour de la crépine et de la conduite (*patent pending*). Le système est conçu de sorte à assurer une couverture d'émission homogène sur l'ensemble de la surface de la crépine existante et créer un environnement vibratoire défavorable à la fixation des larves de moules, en perturbant notamment leur phase de métamorphose et d'adhésion.

Les niveaux de puissance appliqués ne génèrent aucun effet destructeur sur les matériaux et limitent la portée d'efficacité du système à la zone structurelle à protéger. Les fréquences utilisées ont été choisies pour leur efficacité reconnues contre les individus *Dreissena* en apportant un minimum de nuisance au reste de la faune lacustre [4].

L'émission des ultrasons apporte une perturbation du cycle d'alimentation et de croissance des individus présents dans la zone d'émission. Lorsqu'un dérangement est détecté, les mollusques se referment, interrompant momentanément leur alimentation. Lorsque ces dérangements se répètent à une fréquence suffi-

Contact: Gaëtan Ruprecht, quagga@dreissena.ch

ZUSAMMENFASSUNG

SCHUTZ VON SEEWASSENTNAHMEANLAGEN VOR MUSCHELN DER GATTUNG DREISSENA

Die Quagga-Muschel (*Dreissena bugensis*) ist eine invasive Art, die mittlerweile in den meisten Schweizer Seen vorkommt. Sie verursacht erhebliche Probleme bei Seewasserentnahmen zur Trinkwassergewinnung oder für Fernwärme/-kälte. Aufgrund begrenzter Abhilfemassnahmen entwickelte *Dreissena Systems Sàrl* ein Ultraschallgerät, das die Anhaftung der Larven verhindern soll. Sieben Monate lang (von März bis Oktober 2025) wurde die Ansiedlung von Muscheln auf einem mit dem Ultraschallgerät ausgestatteten Seiher am Standort Jeunes-Rives in Neuenburg untersucht. Ein identischer Seiher ohne Ultraschallgerät, der von Mai bis Oktober 2024 am gleichen Ort verwendet wurde, diente als Referenz. Die Resultate zeigten eine Abnahme der Ansiedlung im geschützten Bereich um mehr als 99% ohne irgendeine Veränderung der Wasserqualität oder Auswirkungen auf die lokale Fauna. Das System verbraucht wenig Energie und ist vollständig autonom. Es erbrachte eine stabile und nachhaltige Leistung. Die Ergebnisse unterstreichen das Potenzial dieser Technologie als wirksame und umweltfreundliche Präventivmassnahme, durch die Infrastrukturen in Seen nachhaltig vor einer Besiedlung durch Quagga-Muscheln geschützt werden können.

sante, les individus sont amenés à se refermer très régulièrement, réduisant ainsi considérablement leur temps d'alimentation disponible.

Cette situation génère un stress qui a pu être étudié dans des populations d'individus. L'optimisation de l'activation du système a été réalisée de manière à maintenir un stress constant chez les moules adultes tout en perturbant l'adhésion des jeunes larves. Dans les aquariums tests, ces perturbations répétées pouvaient entraîner la mort de certains individus ou le détachement de leur support de fixation. Ces constatations sont cohérentes avec les résultats d'autres études décrivant le comportement défensif des moules en présence d'un danger ou lorsqu'elles se trouvent à proximité d'individus estropiés [5].

Un arrêt imprévu du prototype, survenu indépendamment de la volonté de Dreissena Systems et durant une période de deux semaines, a permis à de jeunes individus de s'implanter sur la crépine test dans le lac. À la réactivation du dispositif, les ultrasons ont progressivement entraîné le détachement de ces nouveaux individus, rétablissant l'état du tamis dans une situation non colonisée.

Un fonctionnement autonome et sobre

Au cours de la phase d'optimisation, trois paramètres clés ont ainsi été ajustés: le niveau d'intensité acoustique, le temps d'activation des ultrasons et la durée entre deux phases d'activation. Le niveau d'intensité acoustique appliqué a été déterminé en fonction de la géométrie de la crépine et de la portée optimale des ondes en milieu aquatique, tout en tenant compte des contraintes spécifiques du site. Par exemple, la zone test étant également un lieu de baignade, la puissance a volontairement été minimisée afin de réduire au maximum la perception du bruit par les baigneurs. Les réglages des intervalles d'activation

ont ensuite permis de préserver une marge de sécurité suffisante pour garantir la protection de la crépine, tout en limitant l'impact sonore.

Ces ajustements ont permis de définir un mode de fonctionnement autonome, intermittent et énergétiquement sobre, assurant un équilibre optimal entre efficacité de protection et minimisation de la consommation électrique.

ESSAI DE TERRAIN SUR LE SITE DES JEUNES-RIVES, À NEUCHÂTEL

Dispositif test

Un essai pilote a été réalisé de mars à octobre 2025 sur le site lacustre des Jeunes-Rives, en collaboration avec la Ville de Neuchâtel. Le système développé par Dreissena Systems Sàrl a été immergé à 6 mètres de profondeur et installé directement en amont de la conduite d'aspiration qui alimente la station de pompage nécessaire à l'arrosage du parc des Jeunes-Rives (fig. 1).

La conduite d'aspiration de la Ville de Neuchâtel ayant été rénovée en mai 2024 avec l'installation d'une nouvelle crépine, l'état de cette dernière en octobre 2024 a pu servir de point de comparaison témoin: en octobre 2024, nous avons quantifié la quantité de mollusques présents sur la crépine non équipée, et avons pu comparer ce résultat à celui de la crépine équipée du système à ultrasons après sept mois de fonctionnement (de mars à octobre 2025).

Suivi des paramètres

Le suivi s'est déroulé sur 7 mois, avec des inspections régulières toutes les 3 à 4 semaines. Les observations mensuelles comprenaient des relevés photographiques subaquatiques réalisés par des plongeurs avec une évaluation quantitative des mollusques

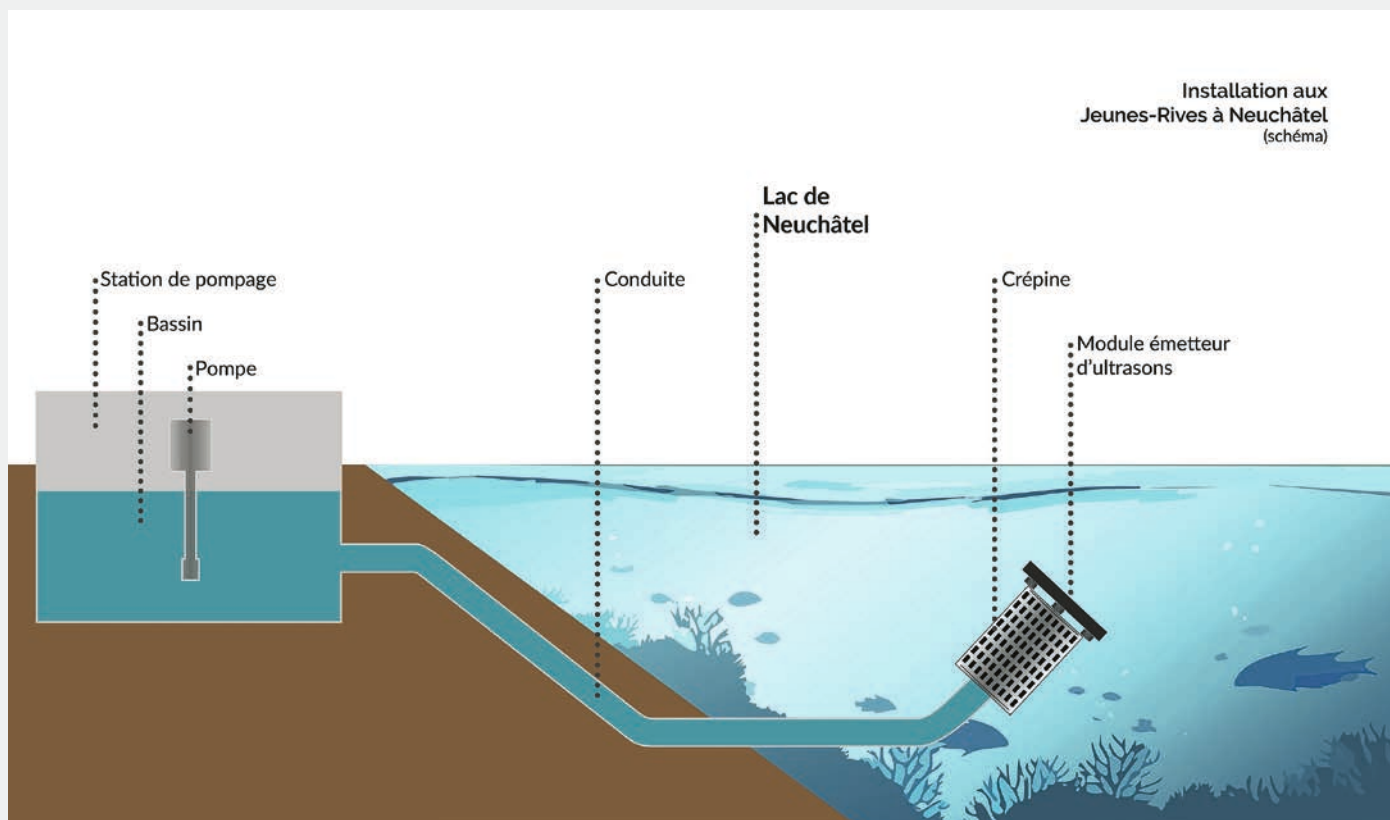


Fig. 1 Schéma du prototype.

présents sur la crépine lors de la dernière plongée.

Afin d'obtenir une estimation quantitative du nombre de moules présentes sur la crépine équipée, nous avons défini une zone d'analyse de 30 cm sur 30 cm et avons effectué un comptage du nombre d'individus adultes sur cet échantillon (sans faire de distinction entre les espèces *D. polymorpha*, la moule zébrée, et *D. bugensis*, la moule quagga). Dans le cas des individus présentant une taille inférieure à 2 mm, nous avons effectué un prélèvement d'échantillon composite, analysé l'échantillon au microscope puis extrapolé le nombre d'individus sur la crépine complète à partir du résultat observé.

RÉSULTATS

Cas 1: Crépine non équipée du système à ultrasons

La nouvelle crépine (sans système à ultrasons) a été installée en mai 2024. Le comptage a été effectué le 20 octobre 2024. Lors de la première plongée en octobre 2024, nous avons relevé le nombre important de moules quagga qui s'étaient installées sur la crépine en moins de six mois depuis son immersion en mai 2024 (fig. 2 et 3; tab. 1). La faible profondeur du site (6 mètres), la forte activité biologique (zone de baignade d'une grande agglomération et en aval d'une STEP) et le fait que la crépine est située sur un système hydrostatique expliquent la forte densité de mollusques.

Cas 2: Crépine équipée du système à ultrasons

Une crépine neuve installée le 14 mars 2025 remplaçait le modèle installé en mai 2024. Elle a été équipée du système à ultrasons. Six mois plus tard, un comptage a été effectué le 11 octobre 2025.

Lors du comptage final, une présence négligeable de mollusques est observée sur la crépine; en effet, le biofilm et les algues ont pu coloniser la crépine, ayant rencontré une très faible concurrence de la part des moules quagga en raison de l'installation du dispositif à ultrasons passif. Ainsi, cet essai nous a permis de confirmer que le système développé par Dreissena Systems est hautement efficace pour prévenir la colonisation de la crépine par les mollusques du genre *Dreissena*. Les individus jeunes, perturbés par les ultrasons, finissent par mourir ou se détacher de la crépine ce qui explique l'absence d'individus de > 20 mm.

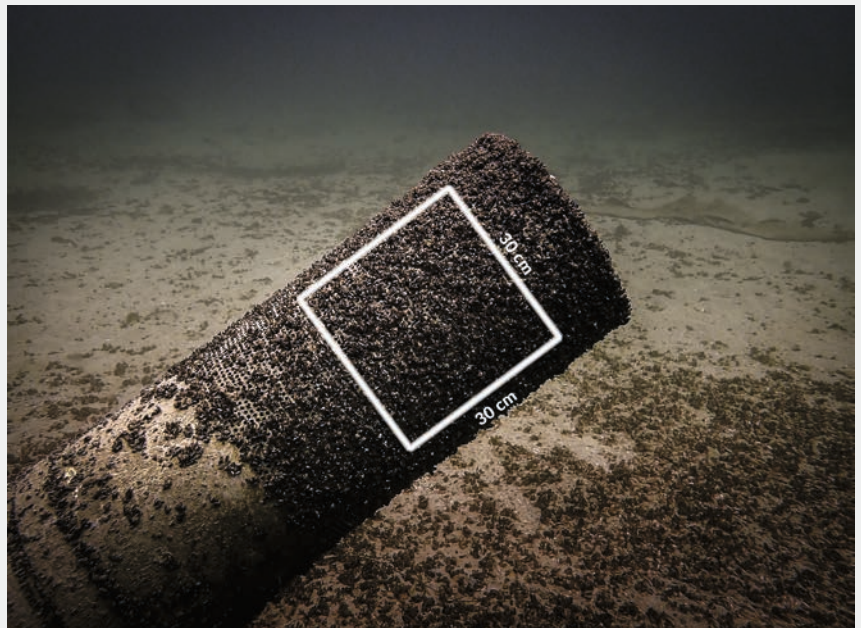


Fig. 2 Crépine (non équipée du système à ultrasons) colonisée - 20 octobre 2024.

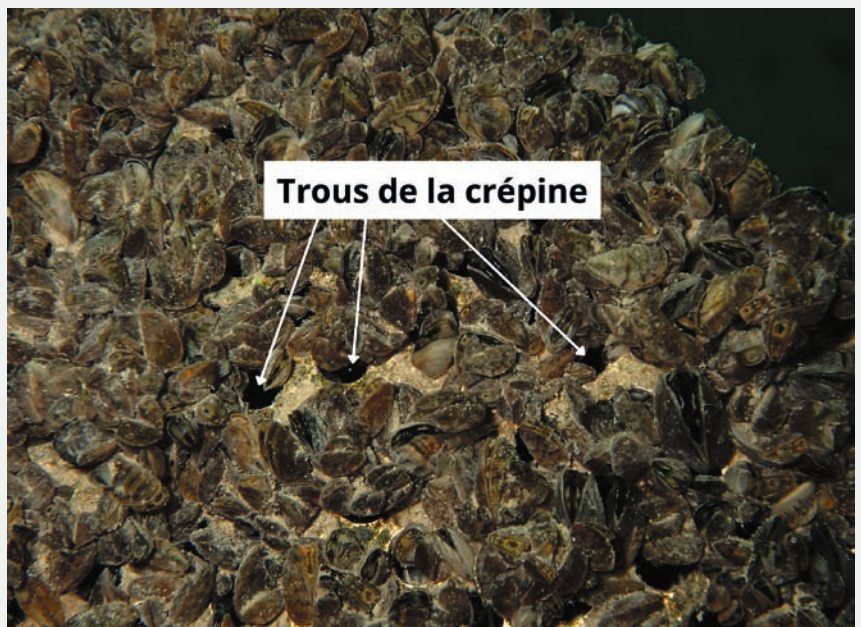


Fig. 3 Détail de la crépine colonisée - 20 octobre 2024.

Taille	Quantité	Part
<5mm	1918	35%
5-10 mm	2192	40%
10-20 mm	1096	20%
>20 mm	274	5%
Total	5480	100%

Tab. 1 Comptage: Nombre d'individus du genre *Dreissena* au 20 octobre 2024.

UNE COLONISATION NETTEMENT RÉDUITE

Après sept mois d'immersion comprenant la période estivale de reproduction (de juin à août), la crépine équipée présentait une réduction de plus de 99% du taux de colonisation par rapport au nombre d'individus observés sur la crépine té-

moins placée au même endroit une année auparavant. Cette dernière montrait des dépôts visibles de moules quagga adultes sur l'ensemble de sa surface. À l'inverse, la crépine protégée ne présentait que quelques points isolés de mollusques du genre *Dreissena*, sans colonie développée.

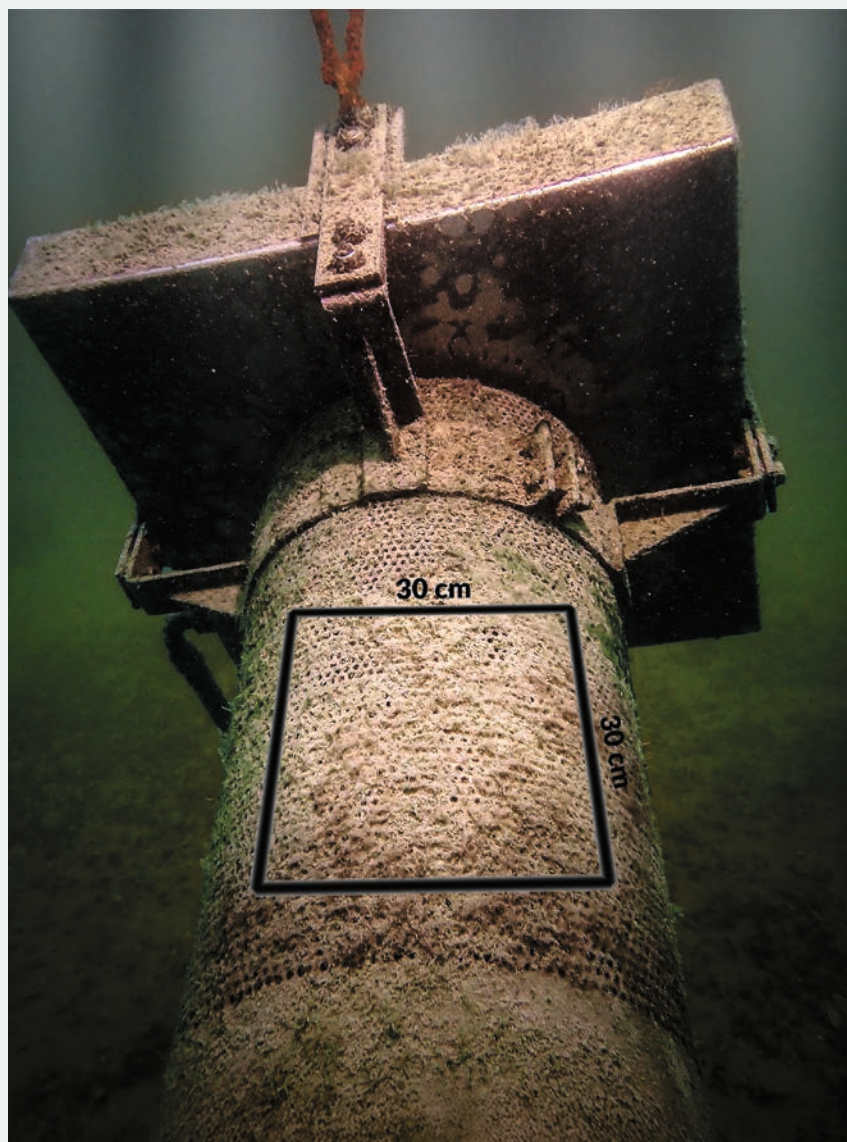


Fig. 4 Crépine équipée du système à ultrasons - 11 octobre 2025

Taille	Quantité	Part
<5 mm	34	97%
5-10 mm	1	3%
10-20 mm	0	0%
>20 mm	0	0%
Total	35	100%

Tab. 2 Comptage: Nombre d'individus du genre *Dreissena* au 11 octobre 2025

A noter aussi que l'observation interne de la conduite, juste après la crépine, a permis de constater la non-prolifération d'individus dans la conduite tout comme dans le bassin de la station de pompage durant la période de test.

Aucun effet négatif n'a été observé sur la faune aquatique (poissons et invertébrés), confirmant la neutralité écologique de la solution. Ces résultats confirment la stabilité et l'efficacité préventive du dispositif dans un environnement soumis aux conditions naturelles du lac:

variations de température, agitation due au mouvement de l'eau, et présence d'organismes divers.

PERSPECTIVES DE RECHERCHE

Le pilote installé dans le lac de Neuchâtel va rester en place afin de poursuivre un test du système en endurance dans le milieu aquatique ainsi qu'optimiser l'effet de protection. Actuellement, différents travaux sont en cours avec des industriels suisses afin de travailler sur la modularité du système

REMERCIEMENTS

Les auteur-ice-s remercient la Ville de Neuchâtel pour la mise à disposition du site et pour la collaboration technique précieuse ainsi que toutes les personnes qui ont fourni avec passion leurs compétences pour la mise en œuvre de ce test.

pour son intégration dans les projets. Une seconde approche d'exploitation du système est à l'étude afin de développer des crépines permettant de neutraliser les larves arrivées à maturité, avant qu'elles ne soient aspirées avec le flux d'eau. Le concept, dédié à des crépines de faible profondeur, intègre des tamis filtrants fins couplés à des émetteurs d'ultrasons générant de la cavitation (*patent pending*).

CONCLUSION

L'essai pilote réalisé sur le site des Jeunes-Rives à Neuchâtel démontre que le traitement à ultrasons constitue une méthode préventive efficace contre la colonisation de la moule quagga dans les lacs suisses. En réduisant la colonisation sans recourir à des produits chimiques ni à une alimentation énergétique continue, cette technologie offre une alternative crédible aux approches curatives actuelles. Ces résultats encourageants justifient la poursuite d'essais prolongés et l'élargissement à d'autres sites pour confirmer la robustesse et la reproductibilité du procédé.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Kraemer, B. M. et al. (2023): An abundant future for quagga mussels in deep European lakes. *Environmental Research Letters* 18(12): 124008. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ad059f>
- [2] Flämig, S. et al. (2024): Moule Quagga: concept de monitoring et recommandations sur les mesures de prévention et de protection. Eawag: Institut Fédéral Suisse des Sciences et Technologies de l'Eau. <https://doi.org/10.55408/eawag:33820>
- [3] Haltiner, L. et al. (2022): The distribution and spread of quagga mussels in perialpine lakes north of the Alps. *Aquatic Invasions* 17(2): 153-173. <https://doi.org/10.3391/ai.2022.17.2.02>
- [4] Krivograd Klemenčič, A.; Griessler-Bulc, T. (2010): The efficiency of ultrasound on algal control in a closed loop water treatment system for cyprinid fish farms. *Fresenius Environmental Bulletin* 19(5A): 919-931
- [5] Kobak, J.; Ryniska, A. (2014): Environmental factors affecting behavioural responses of an invasive bivalve to conspecific alarm cues. *Animal Behaviour* 96 177-186