

Conservation et restauration des populations et de l'habitat de la moule perlière en Europe



Actes du colloque international

PENN AR BED

n° 222

octobre 2015

Colloque international « Conservation et restauration des populations et de l'habitat de la moule perlière en Europe »

Programme européen LIFE 09NAT/FR/000583

Comité scientifique :

Juergen Geist : Université de Munich - Écologie et gestion des écosystèmes aquatiques, Allemagne

Frankie Thielen : Natur & Umwelt, Luxembourg

Guillaume Evanno : INRA - Conservation et restauration des écosystèmes aquatiques, France

Frédéric Bioret : Université de Bretagne occidentale - Institut de Géoarchitecture, France

Julien Thébault : Université de Bretagne occidentale - LEMAR, France

Vincent Prié : BIOTOPE, France

Pierre-Yves Pasco : Bretagne Vivante – SEPNB, France

Comité d'organisation :

Maëva Auffray, Marie Capoulade & Alexis Wargniez : Bretagne Vivante – SEPNB

Jérôme Sawtschuk & Chantal Hily-Mazé : Université de Bretagne occidentale - Institut de Géoarchitecture

Maria Ribeiro : CPIE des Collines normandes

Lise Le Bihan : Fédération du Finistère pour la pêche et la protection du milieu aquatique

Nicolas Ampen : DREAL Bretagne

Partenaires et financeurs :

Cet événement est organisé dans le cadre du programme LIFE+ « Conservation de la moule perlière d'eau douce du Massif armoricain » co-financé par la Commission européenne.



COLLINES NORMANDES

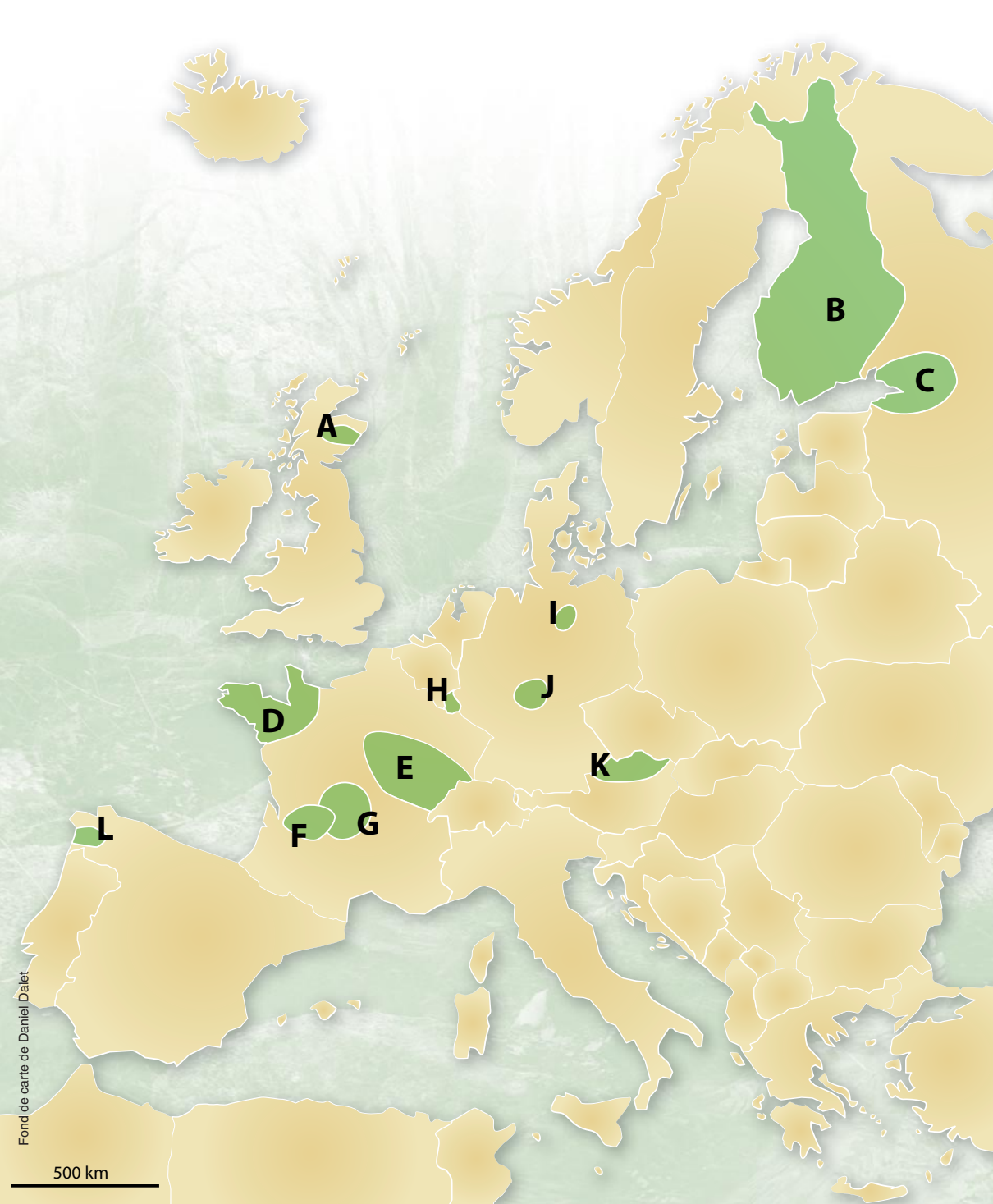


Remerciements :

Les partenaires du programme LIFE moule, les étudiants du Master Gestion et Conservation de la Biodiversité de l'Université de Bretagne Occidentale, les bénévoles, les salariés et les volontaires de service civique de Bretagne Vivante – SEPNB ainsi qu' Hervé Ronné, le photographe officiel du colloque, sont chaleureusement remerciés.

En tant que membres des comités d'organisation et scientifique, nous remercions l'Institut de Géoarchitecture et l'Université de Bretagne Occidentale d'avoir accueilli ce colloque. Nous tenons à remercier pour leur présence les nombreux participants à ce colloque, les intervenants principaux de chaque session ainsi que ceux de la table ronde, les animateurs de session, les intervenants des communications orales et les présentateurs de posters.

Un grand merci également au Restaurant Universitaire et au Bureau de Traduction de l'Université pour l'interprétation pendant le colloque, ainsi que pour la traduction du livre de résumés et des actes du colloque.



Fond de carte de Daniel Datet

500 km

Localisation des secteurs d'étude présentés lors des communications orales

A : rivière Dee, Écosse, Royaume-Uni ; **B** : réseau hydrographique de Finlande ; **C** : rivières aux alentours de Saint-Petersbourg, Russie ; **D** : rivières du Massif armoricain, France ; **E** : régions Bourgogne et Franche-Comté, France ; **F** : rivière de la Dronne, France ; **G** : rivière de la haute Vienne, France ; **H** : rivière de l'Our, Luxembourg ; **I** : rivière Lutter, Allemagne ; **J** : rivière Schondra, Allemagne ; **K** : rivière Aist et Naarn, Autriche ; **L** : rivière Ulla, Espagne.

Sommaire

Colloque international « Conservation et restauration des populations et de l'habitat de la moule perlière en Europe »

Actes du séminaire du LIFE « Conservation de la moule perlière d'eau douce du Massif armoricain »
Septembre 2010 - août 2016, LIFE 09NAT/FR/000583
coordonnés par Maëva AUFFRAY, Marie CAPOULADE & Pierre-Yves PASCO

5 Avant-propos

Frédéric BIORET

Marie CAPOULADE

9 Communications orales

10 Session 1. La moule perlière en Europe : statut et enjeux de conservation

11 La moule perlière d'eau douce en Europe : statut et conservation

Juergen GEIST

14 Statut des populations de moule perlière d'eau douce en Finlande

Panu OULASVIRTA, Pirkko-Liisa LUHTA & Juha SYVÄRANTA

18 État des populations de moule perlière dans le Massif armoricain

Pierre-Yves PASCO & Olivier HESNARD

24 Activités de conservation sur la zone située autour de Saint-Petersbourg et leur impact sur la moule perlière

Igor POPOV

30 Session 2. Apports récents sur la biologie et l'écologie des bivalves d'eau douce en Europe, en lien avec leur conservation

31 Élevage de moules perlières d'eau douce et contribution à la conservation de l'espèce

Frankie THIELEN

37 Mise en place d'un protocole d'élevage pour les moules perlières du Massif armoricain

Pierrick DURY

43 Influence de la période d'exkystement sur le succès de l'élevage des jeunes moules perlières d'eau douce

Tanja EYBE, Frankie THIELEN, Torsten BOHN & Bernd SURES

45 Conservation de la moule perlière d'eau douce en Autriche : un système d'élevage contrôlé en progrès

Daniela GSTÖTTENMAYR, Christian SCHEDER & Clemens GUMPINGER

50 Session 3. Suivi des populations – Écotoxicologie

51 Étude de la dynamique de population de la moule perlière sur la Vienne par des modèles d'abondance à mélange N-mixture

Cyril LABORDE, David NAUDON, Cloé MARCILLAUD & Aurélien BESNARD

58 Accumulation de métaux trace et biodisponibilité dans le bassin de l'Ulla (nord-ouest de l'Espagne) : évaluation des effets potentiels sur la moule perlière

Juan ANTELO, Manuel SUÁREZ-ABELENDA, Cristina PASTORIZA, Jesús BARRAL, Paz ONDINA, Adolfo OUTEIRO, Sabela LOIS & Juan Manuel ANTELO

- 64 **Étude écotoxicologique de la sensibilité aux contaminants métalliques de la mulette perlière en Dronne amont, Dordogne**
Magalie BAUDRIMONT, Patrice GONZALEZ, Alexia LEGEAY, Nathalie MESMER-DUDONS, Éric GOURSOLLE, Julie CHEVALIER, Bénédicte PÉCASSOU & Romain PAPIN-VINCENT
- 69 **Influence du climat et de l'environnement sur la croissance coquillière de la mulette perlière en Bretagne**
Julien THÉBAULT, Clémence ROYER, Aurélie JOLIVET, Pierre-Yves PASCO, Marie CAPOULADE, Philippe MASQUELIER & Laurent CHAUVAUD
- 74 **Session 4. De la gestion des populations à la gestion des bassins versants**
- 75 **Restauration de l'habitat de la mulette perlière d'eau douce en Basse-Saxe : une vue d'ensemble de 40 ans de mesures conservatoires**
Reinhard ALTMÜLLER
- 81 **Mesures de conservation de la mulette perlière d'eau douce du fleuve Dee, au nord-est de l'Écosse**
Susan COOKSLEY, Lorraine HAWKINS, Jackie WEBLEY & Iain SIME
- 87 **Restauration de l'habitat à mulette perlière dans le Morvan (France) : expérimentation de techniques douces**
Nicolas GALMICHE
- 93 **Dynamique fluviale, érosion des berges et charge de sédiments fins dans les habitats à mulette perlière**
Robert VANDRÉ & Christine SCHMIDT
- 100 **Suppression de la protection des berges pour restaurer l'hydromorphologie et l'habitat des salmonidés, en vue de conserver la mulette perlière d'eau douce dans une rivière d'un Upland écossais dont le lit est en graviers**
Kenneth MACDOUGALL, Hannah BARKER, Stephen ADDY & Susan COOKSLEY
- 107 **Posters**
- 108 **Thème 1. Bivalves d'eau douce en Europe : statut et enjeux de conservation**
- 109 **Statut biologique et essai d'identification des causes de régression de la mulette épaisse *Unio crassus* sur le bassin versant de l'Allier en Auvergne (France)**
Sylvain VRIGNAUD
- 110 **La mulette perlière, un outil remarquable au service de notre action**
Gilles BARTHÉLÉMY
- 111 **Projet LIFE grande mulette**
Karl WANTZEN, Stéphane RIVIÈRE, Nina RICHARD, Philippe JUGÉ, Yann GUÉREZ, Élodie HUGUES, Guillaume MÉTAYER & Rafael ARAUJO
- 112 **Loin des yeux, loin du cœur : la situation critique de la grande mulette et d'autres naïades de France**
Vincent PRIÉ
- 114 **Thème 2. Apports récents sur la biologie et l'écologie des bivalves d'eau douce en Europe, en lien avec leur conservation**
- 115 **Expériences de renforcement et de systèmes d'élevage *in-situ* de mulette perlière dans le Massif armoricain (France)**
Pierre-Yves PASCO, Marie CAPOULADE, Pierrick DURY, Maria RIBEIRO, Benjamin BEAUFILS & Loïc ROSTAGNAT

- 116** **Influence des souches et des conditions environnementales sur la survie et la croissance de jeunes mulettes perlières dans une expérience d'exposition croisée**
Marco DENIC, Jens-Eike TAUEBERT, Michael LANGE, Frankie THIELEN, Christian SCHEDER, Clemens GUMPINGER & Juergen GEIST
- 118** **Élevage en captivité de *Margaritifera margaritifera* (L., 1758) en Galice (Espagne) : rapport de résultats préliminaires**
Catarina VARELA, Sabela LOIS, Adolfo OUTEIRO, Ramón MASCATO, Raíaela AMARO, Eduardo SAN MIGUEL & Paz ONDINA
- 119** **Quand les mulettes se cachent lorsque l'on veut les compter !**
Xavier CUCHERAT, Damien FROMENT, Laurent PHILIPPE & Noélie TAPKO
- 120** **Thème 3. De la gestion des populations à la gestion des bassins versants**
- 121** **Les actions en faveur des mulettes perlières en Basse-Normandie**
Maria RIBEIRO, Benjamin BEAUFILS & Loïc ROSTAGNAT
- 122** **Restauration écologique des cours d'eau : l'analyse paysagère pour orienter la conservation d'une espèce cible**
Marion DELISLE, Jérôme SAWTSCHUK, Isabelle MULLER & Ivan BERNEZ
- 123** **Lien entre dépôt des sédiments et qualité de l'habitat aquatique dans les cours d'eau à mulette perlière : incidences sur la conservation**
Marco DENIC & Juergen GEIST
- 124** **Mise en place d'un réseau expérimental collaboratif sur la réhabilitation des zones humides dans le département du Finistère**
Armel DAUSSE, Sébastien GALLET & Corinne THOMAS
- 126** **Gestion agricole des parcelles riveraines des cours d'eau dans les monts d'Arrée**
Jérémie BOURDOULOUS
- 127** **Table ronde**
- 128** **Quel avenir pour la conservation de la mulette perlière dans le Massif armoricain ?**
- 133** **Sorties de terrain**
- 134** **Visite de la station d'élevage de Brasparts le 26 novembre 2014**
- 135** **À la découverte des mulettes perlières du ruisseau de Bonne Chère le 28 novembre 2014**

Citations recommandées pour cet ouvrage :

- Pour *Penn ar Bed* dans son ensemble :

AUFFRAY M., CAPOULADE M. & PASCO P.-Y. (Éds) 2015 - Conservation et restauration des populations et de l'habitat de la mulette perlière en Europe. Actes du colloque international du LIFE+ « Conservation de la moule perlière d'eau douce du Massif armoricain ». *Penn ar Bed*, 222, 136 p.

- Pour un article de *Penn ar Bed* :

GEIST J. 2015 – La mulette perlière d'eau douce en Europe : statut et conservation. In AUFFRAY M., CAPOULADE M. & PASCO P.-Y. (Éds), Conservation et restauration des populations et de l'habitat de la mulette perlière en Europe. Actes du colloque international du LIFE+ « Conservation de la moule perlière d'eau douce du Massif armoricain ». *Penn ar Bed*, 222, pp. 11-13.



Avant-Propos

Degemer mat d'an holl da re vras ha da re vunut e Skol veur Breizh izel.¹

Chers collègues, chers amis,

Tout d'abord, je voudrais vous souhaiter la bienvenue en Bretagne, et plus particulièrement à Brest, que probablement certains d'entre vous découvrent pour la première fois.

Bienvenue également au sein de l'Université de Bretagne occidentale qui a le plaisir d'accueillir ce colloque international sur la mulette perlière.

Le laboratoire de recherche Géoarchitecture « Conception, aménagement et gestion du cadre bâti de l'environnement. Doctrines et pratiques », que je dirige, s'est constitué à la suite de la création de l'Institut de Géoarchitecture, fondé en 1976 au sein de cette Faculté des sciences. Dès son origine, l'Institut de Géoarchitecture s'est intéressé, du point de vue de l'enseignement et de la recherche, aux thématiques environnementales, et plus particulièrement à la prise en compte de l'environnement et de la biodiversité dans l'aménagement du territoire. Rappelons que la première loi sur la protection de la nature en France remonte également à 1976 et que c'est cette même loi qui instaura la possibilité de mettre en œuvre des listes d'espèces animales et végétales protégées aux échelles nationale et régionale, ainsi que l'obligation de réaliser les études d'impacts environnementales pour tout projet d'aménagement.

Le laboratoire Géoarchitecture est une équipe pluridisciplinaire rassemblant 22 enseignants-chercheurs, 15 chercheurs associés, 15 doctorants et 3 techniciens, relevant des disciplines de l'urbanisme et de l'aménagement, de l'écologie, de la géographie, de l'économie, de la sociologie, du droit...

Deux axes principaux de recherche sont développés : un axe consacré aux thématiques urbaines et à l'urbanisme et un axe centré sur les thématiques environnementales.

Ce second axe développe les thématiques suivantes :

- évaluation des habitats et des complexes d'habitats : typologie, évaluation patrimoniale, évaluation de l'état de conservation et cartographie ;
- restauration écologique des milieux naturels dégradés : milieux littoraux, zones humides ;
- gestion des espaces naturels : plans de gestion, diagnostics écologiques.

L'histoire de l'Institut de Géoarchitecture est en partie liée à celle de Bretagne Vivante – SEPNB. La Société pour l'étude et la protection de la nature en Bretagne, dont l'origine remonte à 1953, qui est reconnue comme l'association régionale de la protection de la nature pionnière en France, notamment pour la création d'un réseau régional

¹ - Bienvenue à tous, aux connaisseurs et aux amateurs, à l'Université de Basse Bretagne

d'espaces protégés, a eu pendant de longues années son siège social à la Faculté des sciences de Brest. La SEPNB a compté, jusqu'au début des années 1990, tous les naturalistes des universités de Caen, Rennes, Nantes et Brest parmi les membres de son conseil d'administration.

Certains naturalistes universitaires brestois ont jalonné l'histoire de la SEPNB, à commencer par l'un de ses co-fondateurs, le Professeur Albert Lucas, biologiste marin mais avant tout naturaliste passionné. Il faut bien évidemment citer également Jean-Yves Monnat, Maurice Le Démézet, Max Jonin, Maurice L'Her et Michel Glémarec.

C'est donc tout naturellement qu'un rapprochement et une collaboration se sont opérés entre Bretagne Vivante – SEPNB et l'Institut de Géoarchitecture : la plupart de ces naturalistes universitaires brestois ont participé activement aux enseignements pluridisciplinaires dans les domaines de l'écologie et des sciences de l'environnement, développant une approche de terrain permettant aux étudiants de réaliser un diagnostic de territoire. Certains de ces naturalistes universitaires ont fait partie de l'équipe de recherche.

À partir de 1970, la SEPNB a réalisé un certain nombre de contrats d'études environnementales : études d'impacts, diagnostics écologiques, propositions d'aménagement et de restauration de sites naturels sensibles, études préalables à la mise en place d'espaces protégés... dont une partie en collaboration étroite avec l'Institut de Géoarchitecture.

Les collaborations actuelles se poursuivent de manière plus ponctuelle :

- participation à l'élaboration et à l'évaluation des plans de gestion des réserves naturelles gérées par Bretagne Vivante – SEPNB ;
- des suivis à long terme sont menés sur les réserves naturelles nationales de Saint-Nicolas-des-Glénan et de François le Bail – Île de Groix ;
- une thèse qui a commencé en 2014 sur la biologie de la conservation d'*Eryngium viviparum*, espèce végétale menacée à l'échelle européenne, dont la seule population française se trouve sur un site protégé, géré par Bretagne Vivante – SEPNB.

C'est avec plaisir que nous avons accepté d'être associés à l'organisation de ce colloque, en permettant qu'il se tienne dans les locaux de l'Université de Bretagne occidentale.

Les thématiques de ce colloque consacré à *Margaritifera margaritifera*, espèce emblématique des cours d'eau de Bretagne et du Massif Armoricaïn et menacée à l'échelle européenne, permettront de faire le point sur la biologie et l'écologie de cette espèce, mais également sur sa protection et les stratégies à mettre en œuvre pour maintenir ou restaurer les populations. Les questions qui seront abordées seront liées à la qualité des eaux, à la gestion et à la restauration des cours d'eau. Elles démontreront que la gestion conservatoire d'une espèce menacée, dont le cycle est inféodé aux salmonidés, dépasse largement des préoccupations strictement biologiques ou naturalistes, mais nécessite une approche globale à l'échelle des bassins versants, qui passe par une prise de conscience et une appropriation de la part des politiques, des gestionnaires et des usagers du territoire ainsi qu'un rapprochement et une co-construction avec les naturalistes et les scientifiques. La tâche est immense mais gageons que vos travaux et ce colloque y contribueront en créant une réelle dynamique.

Je vous souhaite de fructueux échanges et un excellent colloque.

Discours de bienvenue de Frédéric BIORET

*Directeur de l'équipe de recherche EA 2219,
Institut de Géoarchitecture, Brest, France*



[1] La mulette perlière d'eau douce vit semi-enfouie dans le substrat des rivières salmonicoles.

L'association Bretagne Vivante – SEPNB œuvre depuis 55 ans pour la protection de la nature en Bretagne. Pour cela, elle unit les efforts de près de 3 000 adhérents, de 19 groupes locaux et de 68 salariés sur les 5 départements de la Bretagne historique. Les missions de Bretagne Vivante – SEPNB portent sur l'amélioration des connaissances naturalistes et leur partage à travers des actions d'éducation à l'environnement, la protection de sites naturels ainsi que le militantisme. Bretagne Vivante – SEPNB est membre de France Nature Environnement et fait partie du réseau des Réserves naturelles de France (elle gère 5 réserves naturelles d'État et une centaine de réserves associatives). Dans le cadre de ses missions, l'association œuvre dans la mise en place de projets de reconquête écologique. À ce titre, elle porte, depuis 2010, un programme de sauvegarde de la mulette perlière, bivalve d'eau douce, sur le Massif armoricain.

La moule perlière d'eau douce (*Margaritifera margaritifera*) ou mulette perlière, est une espèce clé, indicatrice de la qualité de l'écosystème des rivières [1]. Son cycle de vie possède une phase planctonique et une phase parasitaire. La seconde phase se déroule sur les branchies d'un poisson-hôte (truite fario ou saumon de l'Atlantique). Son cycle de vie complexe, ses exigences écologiques et sa grande longévité (une centaine d'années) font d'elle une espèce « parapluie » : en la protégeant, on protège tout un écosystème.

La mulette perlière est une espèce d'intérêt communautaire inscrite aux annexes II et V de la Directive « Habitats-Faune-Flore » ainsi qu'à l'annexe III de la Convention de Berne. Elle est protégée par la loi française (arrêtés du 16 décembre 2004 et du 23 avril 2007).

L'UICN classe la mulette perlière en Europe dans la catégorie « critically endangered » (en danger critique d'extinction), le stade suivant étant « extinct in the wild » (éteint en milieu naturel). Elle est en effet considérée comme faisant face à un très grand risque d'extinction à l'état sauvage dans un avenir proche puisqu'une réduction d'au moins 50 % de sa population en 10 ans a été notée par les scientifiques regroupés dans cette association internationale.

On estime que 90 % des populations de mulette perlière ont disparu d'Europe centrale au cours du XX^e siècle. Les diverses études en Bretagne et en Basse-Normandie ont constaté la même situation d'urgence pour les populations de mulette perlière de



[2] Le programme LIFE+ vise à conserver les six principales populations restantes de *Margaritifera margaritifera* sur le Massif armoricain.

l'ouest de la France : disparition progressive et vieillissement. Le fort intérêt patrimonial de l'espèce, véritable témoin du creusement des vallées du Massif armoricain, ainsi que ses caractéristiques bio-indicatrices très exigeantes et ses propriétés d'espèce parapluie, font de la moule perlière une espèce à préserver.

Face à ce besoin urgent, un programme LIFE+ a été confié à Bretagne Vivante – SEPNB, en partenariat avec la Fédération de pêche et de protection du milieu aquatique du Finistère, le centre permanent d'initiatives pour l'environnement (CPIE) des Collines normandes, le Syndicat intercommunal d'aménagement et d'entretien de la Sienne et le Parc naturel régional Normandie-Maine. Le programme LIFE+ (2010-2016), en parfaite cohérence avec le Plan national d'action, s'attelle principalement à la mise en élevage des six principales souches restantes de moules perlières [2], au suivi de la qualité du milieu, au renforcement des populations et à l'émergence d'une prise de conscience pour tenter de sauver les dernières populations du Massif armoricain.

Le programme LIFE+, d'un montant total d'environ 2,5 millions d'euros, est subventionné à hauteur de 50 % par la Commission européenne. Participent également les DREAL Basse-Normandie et Bretagne, les Conseils régionaux de Basse-Normandie et de Bretagne, les Conseils généraux des Côtes-d'Armor, du Finistère et de la Manche ainsi que l'Agence de l'eau Seine-Normandie.

C'est dans le cadre de ce programme LIFE+ que s'est déroulé le colloque international « Conservation et restauration des populations et de l'habitat de la moule perlière en Europe » les 26, 27 et 28 novembre 2014, dont les actes sont retranscrits ici.

Marie CAPOULADE

*Coordinatrice du programme LIFE+
« Conservation de la moule perlière d'eau douce du Massif armoricain »,
Association Bretagne Vivante – SEPNB, Brest, France*



Communications orales

Session 1

La mulette perlière en Europe : statut et enjeux de conservation

- ▶ **La mulette perlière d'eau douce en Europe : statut et conservation**
Juergen GEIST

- ▶ **Statut des populations de mulette perlière d'eau douce en Finlande**
Panu OULASVIRTA, Pirkko-Liisa LUHTA & Juha SYVÄRANTA

- ▶ **État des populations de mulette perlière dans le Massif armoricain**
Pierre-Yves PASCO & Olivier HESNARD

- ▶ **Activités de conservation sur la zone située autour de Saint-Pétersbourg et leur impact sur la mulette perlière**
Igor POPOV



La mulette perlière d'eau douce en Europe : statut et conservation

Juergen GEIST



J. Geist

La mulette perlière d'eau douce (*Margaritifera margaritifera*) est une espèce cible dans la conservation des écosystèmes des cours d'eau oligotrophes qui répond aux critères d'espèces indicatrices, clés, phares et parapluies (Geist, 2010). La plupart des populations européennes de l'espèce sont en déclin avec, pour principal problème, un recrutement insuffisant dans la majorité des régions. La conservation de la mulette perlière d'eau douce rencontre de nombreux défis et doit tenir compte de la diversité des habitats [1] ainsi que de la complexité du cycle de vie de l'espèce.

Par conséquent, les efforts de conservation doivent porter sur la gestion de la qualité de l'eau, des substrats des cours d'eau fonctionnels, des populations de poisson-hôte, de la diversité et de la différenciation génétique des mulettes perlières d'eau douce.

Sa capacité de reproduction n'étant généralement pas réduite, même chez les populations rares et très âgées, la mulette perlière jouit d'un potentiel considérable pour le rétablissement de l'espèce, y compris chez les petites populations en déclin. L'interaction des mulettes perlières avec leurs poissons-hôtes est plus complexe, en raison des différences d'adéquation parmi les espèces (*Salmo salar* et *Salmo trutta*), ainsi que parmi les populations d'une même espèce (Taeubert *et al.*, 2010). En raison de leur adaptation aux conditions oligotrophes, les populations de mulette perlière fonctionnelles ne nécessitent que de faibles densités de poissons-hôtes si les autres étapes du cycle de vie restent préservées (Geist *et al.*, 2006).

Puisque des charges élevées de glochidies peuvent affecter la mortalité et la performance nataoire du poisson-hôte (Taeubert & Geist, 2013), la détermination des densités optimales d'infestation est essentielle pour les mesures de conservation telles que

la libération des hôtes infestés, ainsi que pour l'élevage en captivité. Le développement larvaire de la mulette d'eau douce dépend fortement de la température (Taeubert *et al.*, 2013, 2014), ce qui sous-entend que l'interaction hôte-parasite peut être affectée par le changement climatique. Dans la phase postparasitique, les mulettes perlières d'eau douce juvéniles dépendent d'un cours d'eau fonctionnel (Geist & Auerswald, 2007). De grandes quantités de sédiments fins peuvent obstruer le lit du cours d'eau et entraîner des effets négatifs sur les populations juvéniles enterrées, ainsi que sur les salmonidés hôtes (Sternecker & Geist, 2010 ; Sternecker *et al.*, 2013). Disposer de substrats fonctionnels représente probablement l'un des plus grands défis dans la restauration des ruisseaux (Geist, 2011, 2014). Les comparaisons des mesures de restauration les plus communément appliquées ont révélé qu'elles nécessitaient toutes l'intégration de la gestion de l'érosion du bassin versant (Pander & Geist, 2013 ; Mueller *et al.*, 2014 ; Pander *et al.*, 2015 ; Denic & Geist, 2015).

En plus des connaissances sur la conservation et la restauration de leur habitat, il est également important de disposer d'informations sur la diversité génétique et la différenciation des populations de mulette per-



[1] Malgré le fort degré de spécialisation de la mulette perlière d'eau douce (*Margaritifera margaritifera*) aux ruisseaux oligotrophes, leur distribution holarctique comprend des cours d'eau très différents en matière de géomorphologie, de taille et de débit. Ces quatre images représentent des cours d'eau de mulettes perlières en France, en Finlande, en Écosse et en Russie.

lière d'eau douce (Geist, 2010). Par exemple, les études génétiques peuvent révéler l'histoire de la colonisation et les goulots d'étranglement de la population, mais également aider à sécuriser le potentiel génétique et évolutif de l'espèce par l'identification et la protection des populations uniques et diversifiées (Geist & Kuehn, 2005, 2008 ; Geist *et al.*, 2010). Une expérience d'exposition croisée des mulettes perlières juvéniles [NDLR : il s'agit d'une expérience d'exposition de certaines souches de jeunes mulettes dans leurs cours d'eau d'origine mais aussi dans d'autres cours d'eau] avec des antécédents génétiques différents suggère qu'un certain degré d'adaptation aux conditions spécifiques du cours d'eau peut se produire (Denic *et al.*, 2015). Dans le cadre de la reconstitution des populations disparues, des analyses génétiques de la coquille peuvent aider à identifier les populations sources les plus appropriées (Geist *et al.*, 2008). Pour éviter l'extinction des

populations génétiquement uniques, l'élevage artificiel de ces populations précieuses peut être utilisé comme mesure d'urgence (Gum *et al.*, 2011), mais ces efforts doivent nécessairement être intégrés dans des concepts holistiques de restauration de l'habitat.

Certains défis de conservation, tels que la définition des populations prioritaires et des zones de conservation, ne peuvent être relevés qu'au niveau européen, alors que les aspects de la gestion des sédiments et des poissons-hôtes ne peuvent être traités que par la gestion locale du bassin versant et la participation des parties prenantes. Cette contribution propose une stratégie de conservation qui intègre les processus systémiques et agrégés dans une approche par étape. Pour donner suite à la définition des objectifs de conservation basés sur des objectifs écologiques, socio-économiques et génétiques, une analyse des goulots d'étranglement et des contraintes est effec-

tuée avant que les objectifs réalisables ne soient fixés. La participation des parties prenantes, la communication et la gestion adaptative sont essentielles au processus qui doit également inclure l'évaluation et la publication des résultats, indépendamment de la réussite ou de l'échec. Comme le montrent plusieurs exemples de cette présentation, la conservation des populations intactes et de leurs habitats devrait avoir la plus haute priorité. Elle est plus facile à réaliser que toute action de restauration. ■

Bibliographie

DENIC M. & GEIST J. 2015 – Linking stream sediment deposition and aquatic habitat quality in pearl mussel streams: implications for conservation. *River Research and Applications*, DOI: 10.1002/rra.2794, sous presse.

DENIC M., TAEUBERT J.E., LANGE M., THIELEN F., SCHEDER C., GUMPINGER C. & GEIST J. 2015 – Influence of stock origin and environmental conditions on the survival and growth of juvenile freshwater pearl mussels (*Margaritifera margaritifera*) in a cross-exposure experiment. *Limnologia - Ecology and Management of Inland Waters*, 50, pp. 67-74.

GEIST J. & KUEHN R. 2005 – Genetic diversity and differentiation of central European fresh water pearl mussel (*Margaritifera margaritifera* L.) populations: implications for conservation and management. *Molecular Ecology*, 14, pp. 425-439.

GEIST J., PORKKA M. & KUEHN R. 2006 – The status of host fish populations and fish species richness in European freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera* L.) streams. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 16, pp. 251-266.

GEIST J. & AUERSWALD K. 2007 – Physico-chemical stream bed characteristics and recruitment of the freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*). *Freshwater Biology*, 52, pp. 2299-2316.

GEIST J. & KUEHN R. 2008 – Host-parasite interactions in oligotrophic stream ecosystems: The roles of life history strategy and ecological niche. *Molecular Ecology*, 17, pp. 997-1008.

GEIST J., WUNDERLICH H. & KUEHN R. 2008 – Use of mollusc shells for DNA-based molecular analyses. *Journal of Molluscan Studies*, 74, pp. 337-343.

GEIST J. 2010 – Strategies for the conservation of endangered freshwater pearl mussels (*Margaritifera margaritifera*): A synthesis of Conservation Genetics and Ecology. *Hydrobiologia*, 644, pp. 69-88.

GEIST J. 2011 – Integrative freshwater ecology and biodiversity conservation. *Ecological Indicators*, 11, pp. 1507-1516.

GEIST J., SÖDERBERG H., KARLBERG A. & KUEHN R. 2010 – Drainage-independent genetic structure and high genetic diversity of endan-

gered freshwater pearl mussels (*Margaritifera margaritifera*) in northern Europe. *Conservation Genetics*, 11, pp. 1339-1350.

GEIST J. 2014 – Trends and Directions in Water Quality and Habitat Management in the Context of the European Water Framework Directive. *Fisheries*, 39, pp. 219-220.

GUM B., LANGE M. & GEIST J. 2011 – A critical reflection on the success of rearing and culturing of juvenile freshwater mussels with a focus on the endangered freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera* L.). *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 21, pp. 743-751.

MUELLER M., PANDER J. & GEIST J. 2014 – The ecological value of stream restoration measures: an evaluation on ecosystem and target species scales. *Ecological Engineering*, 62, pp. 129-139.

PANDER J. & GEIST J. 2013 – Ecological indicators for stream restoration success. *Ecological Indicators*, 30, pp. 106-118.

PANDER J., MUELLER M. & GEIST J. 2015 – A comparison of four stream substratum restoration techniques concerning interstitial conditions and downstream effects. *River Research and Applications*, pp. 239-255, DOI: 10.1002/rra.2732.

STERNECKER K. & GEIST J. 2010 – The effects of stream substratum composition on the emergence of salmonid fry. *Ecology of Freshwater Fish*, 19, pp. 537-544.

STERNECKER K., COWLEY D. & GEIST J. 2013 – Factors influencing the success of salmonid egg development in river substratum. *Ecology of Freshwater Fish*, 22, pp. 322-333.

TAEUBERT J.E., DENIC M., GUM B., LANGE M. & GEIST J. 2010 – Suitability of different salmonid strains as hosts for the endangered freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*). *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 20, pp. 728-734.

TAEUBERT J.E. & GEIST J. 2013 – Critical swimming speed of brown trout (*Salmo trutta*) infested with freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*) glochidia and implications for artificial breeding of an endangered mussel species. *Parasitology Research*, 112, pp. 1607-1613.

TAEUBERT J.E., GUM B. & GEIST J. 2013 – Variable development and excystment of freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera* L.) at constant temperature. *Limnologia*, 43, pp. 319-322.

TAEUBERT J.E., EL-NOBI G. & GEIST J. 2014 – Effects of water temperature on the larval parasitic stage of the thick-shelled river mussel (*Unio crassus*). *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 24, pp. 231-237.

Juergen GEIST : Université technique de Munich, Unité des systèmes aquatiques, Allemagne
geist@wzw.tum.de



Statut des populations de mulette perlière d'eau douce en Finlande

Panu OULASVIRTA, Pirkko-Liisa LUHTA & Juha SYVÄRANTA



P. Oulasvirta

J. Syväranta



P.-L. Luhta

H. Rommé

En Finlande, la mulette perlière d'eau douce (*Margaritifera margaritifera*) est protégée depuis 1955 par la Loi sur la conservation de la nature. L'espèce est également listée aux Annexes II et V de la Directive européenne « Habitats Faune Flore ». C'est une espèce dont l'habitat doit être protégé pour sa survie. Malgré cela, les populations de mulette perlière d'eau douce disparaissent presque partout dans leur habitat d'origine. En Finlande, on estime que le déclin des populations est d'environ 70 % depuis le début du XX^e siècle (Valovirta, 2006).

En effet, la loi de 1955 protégeait *M. margaritifera* de la pêche aux perles, mais pas de la destruction de son habitat. Depuis cette époque, les raisons du déclin de la population se sont multipliées et comprennent le nettoyage des rivières pour le flottage du bois, la construction de centrales hydroélectriques, l'eutrophisation et la pollution des rivières, la construction de routes forestières ainsi que d'autres opérations forestières telles que le drainage des forêts et des tourbières, qui ont conduit à l'envasement des cours d'eau.

Bien que l'on constate une prise de conscience générale du recul des populations de mulette perlière d'eau douce en Finlande, les connaissances du statut de ces populations sont dispersées et une vue d'ensemble pour tout le pays fait défaut. Des évaluations systématiques du statut des populations ont récemment été effectuées pour 24 d'entre elles (Oulasvirta *et al.*, 2014 ; Oulasvirta *et al.*,

2012 ; Oulasvirta & Syväranta, 2012). Des données plus anciennes et plus partielles des populations ont été obtenues grâce au Musée d'histoire naturelle de Finlande (Valovirta & Huttunen, 1997) et aux parcs animaliers de Laponie qui disposent de leurs propres banques de données. Ce document vise à faire une synthèse de l'ensemble des données, anciennes et nouvelles, sur la répartition et le statut des populations de mulette perlière d'eau douce en Finlande.

Méthodes

Le statut des populations a été évalué selon les critères suédois, à savoir sa taille et sa proportion en jeunes mulettes perlières (Bergengren *et al.*, 2010 ; Söderberg *et al.*, 2009). Les populations ont été classées en six catégories de viabilité, à savoir (1) « viable », (2)

« viable ? » (peut-être viable), (3) « non viable/partiellement viable », (4) « en voie d'extinction », (5) « presque disparue » et (6) « disparue » [tableau 1]. Selon la méthode suédoise, la viabilité de la population est essentiellement déterminée en fonction de la proportion de mulettes perlières dont la taille est inférieure à 20 mm (environ 10 ans) et 50 mm (environ 20 ans). La proportion de ces tailles a été calculée à partir d'échantillons prélevés sur des transects aléatoires. L'état de viabilité des populations a été étudié en 2010-2013 dans 24 rivières, 3 situées dans le sud et 21 dans le nord de la Finlande. En outre, on recense 96 rivières abritant des mulettes perlières en Finlande. Le statut de la population de ces rivières se base sur les données plus anciennes ou a été extrapolé à partir des résultats obtenus dans les rivières étudiées en 2010-2013.

Résultats

1 seule des 24 populations étudiées a été classée comme « viable » et 2 autres ont été classées comme « viables ? ». 18 populations ont été classées comme « non viables/ partiellement viables », 2 comme « en voie d'extinction » et 1 comme « presque disparue ». On a parfois constaté un recrutement de jeunes mulettes perlières dans certaines zones réglementées du fleuve, le plus souvent dans son cours supérieur, tandis que le reste de la population était composée

uniquement de mulettes perlières adultes. Ces populations ont été classées comme « partiellement viables », alors que la population dans son ensemble a été classée comme « non viable ».

Quand on extrapole les résultats aux autres populations de mulette perlière d'eau douce en Finlande et que l'on mobilise les connaissances existantes sur ces populations, leur nombre approximatif pour chaque catégorie sur l'ensemble du pays est le suivant : 5 « viable », 10 « viable ? », 31 « non viable/partiellement viable », 54 « en voie d'extinction » et 20 « presque disparue » [tableau 2]. En outre, on dénombre 100 populations déjà disparues en Finlande.

Discussion

Les résultats montrent que la mulette perlière d'eau douce est sérieusement menacée, y compris dans les zones sauvages reculées du nord de la Finlande. Notons également que la situation est particulièrement alarmante dans les principaux fleuves où le saumon de l'Atlantique (*Salmo salar*) avait pour habitude de migrer avant que ces cours d'eau ne soient exploités pour la production hydroélectrique. À l'heure actuelle, aucune des populations de mulette perlière d'eau douce, connue en Finlande, n'utilise le saumon de l'Atlantique comme hôte lors de la reproduction. Il est évident que, sans mesures de restauration urgentes, la

Classe	Statut de la population	Structure de la population			Nombre d'individus
		Taille < 2 cm	Taille < 5 cm	Taille > 5 cm	
1	Viable	> 0 %	> 20 %		> 500
2	Viable ?	> 0 %	> 10 %		> 500
		0 %	> 20 %		
3	Non viable / Partiellement viable	0 %	< 20 %		> 500
		0 %	> 20 %		< 500
4	En voie d'extinction	0 %	0 %	Tous, forte densité	> 500
5	Presque disparue	0 %	0 %	Tous, faible densité	< 500
6	Disparue	Densité documentée, mais population ayant déjà disparue			

[Tableau 1] Critères permettant de définir le statut de viabilité des populations de mulette perlière d'eau douce (Bergengren et al., 2010 ; Söderberg et al., 2009)

Statut des populations	Nombre de populations	%
Viable	5	4 %
Viable ?	10	8 %
Non viable / Partiellement viable	31	26 %
En voie d'extinction	54	45 %
Presque disparue (ou probablement déjà disparue)	20	17 %
Total	120	100 %
Disparue	>100	

[Tableau 2] Statut des populations de mulette perlière d'eau douce en Finlande. L'estimation est basée sur les résultats obtenus à partir des 24 populations étudiées en 2010-2013 (Oulasvirta & Syväranta, 2012 ; Oulasvirta et al., 2012, 2014) et sur les données plus anciennes de certaines populations (Valovirta & Huttunen, 1997 ; Oulasvirta, 2010 ; Oulasvirta et al., 2006, 2008).

disparition de la mulette perlière d'eau douce des grands fleuves est inévitable. La répartition de l'espèce deviendra alors fragmentée en quelques populations isolées en amont, là où le recrutement a lieu grâce à la truite fario (*Salmo trutta*) comme hôte. Ces petites populations isolées sont menacées d'extinction, même en l'absence d'influence humaine.

Les raisons historiques de l'extinction ou du déclin des populations sont la pêche aux perles, le nettoyage des rivières pour le flottage du bois [1] et l'exploitation des rivières pour la production d'hydroélectricité. D'autres causes plus récentes incluent notamment les activités forestières telles que le déboisement, le creusement de fossés, le labourage des sols et la construction de routes forestières [2] [3]. En Finlande, le creusement de fossés a été particulièrement intensif. En effet, selon certaines estimations, près de 40 % des fossés forestiers dans le monde se situent en Finlande (Joosten & Clarke, 2002). Les plus grands dégâts ont été commis dès les

années 1960-1970, quand la plupart des fossés ont été creusés. Cela s'est traduit par un envasement des rivières, dont le substrat de fond est devenu impropre au développement de jeunes mulettes. Cela se constate par l'arrêt du recrutement ou par un creux dans la courbe des classes d'âge pour les mulettes perlières de 40 à 50 ans [4].

La conservation de la mulette perlière d'eau douce en Finlande nécessiterait que des actions soient mises en place à différents niveaux : (1) recherche de nouvelles populations, (2) évaluation du statut et suivi des populations connues, (3) restauration des bassins endommagés, (4) construction de passes à poissons vers les anciennes rivières à saumon et (5) élevage en captivité des populations les plus menacées. En outre, il est essentiel de mettre en place un programme de protection de la mulette perlière d'eau douce à l'échelle nationale. ■



Uittoteho

[1] Nettoyage de bois flottant sur une rivière à mulette perlière dans les années 1950



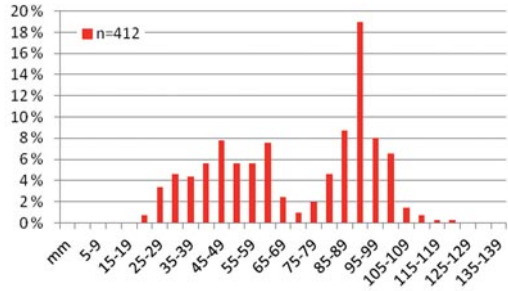
M. Kangas

[2] Déboisement près d'une rivière à mulette perlière



[3] Fossé en forêt menant à une rivière à mulette perlière

Haukioja



[4] Un écart de recrutement est constaté dans la rivière d'Haukioja dans les années 1960-70. Il coïncide avec des opérations intensives de creusement de fossés.

Bibliographie

- BERGENGREN J., LUNDBERG S., NORRGRANN O., SÖDERBERG H. & VON PROSCHWITZ T. 2010 – *Undersökningstyp Stormusslor* – Version 1:2:2010-03-30. Naturvårdsverket 2010, 41 p. <https://www.havochvatten.se/download/18.64f5b3211343cffddb280004867/1348912814764/Stormusslor.pdf> (En Suédois)
- JOOSTEN H. & CLARKE D. 2002 – Wise use of mires and peatlands – Background and principles including a framework for decision-making. *International Mire Conservation Group and International Peat Society*. Saarijärven Offset Oy, Saarijärvi, Finlande, 304 p.
- OULASVIRTA P. 2010 – Freshwater pearl mussel: Distribution and state of the populations in Finland. In: Ieshko E.P. & Lindholm T. (eds.), *Conservation of freshwater pearl mussel, Margaritifera margaritifera populations in Northern Europe*. Actes de International workshop. Karelien Research Centre of RAS, pp. 35-43.
- OULASVIRTA P. & SYVÄRANTA J. 2012 – *Jokihelmisimpukatutkimukset Mustionjoella 2011*. Alleco Oy raportti, tammikuu, 20 p. (En Finnois).
- OULASVIRTA, P. (Ed.), LEINIKKI, J., MELA, M., VALOVIRTA, I., & VEERSALU, A. 2006 – *Pohjoisten virttojen raakut – Interreg kartoitushanke Itä-Inarissa, Norjassa ja Venäjällä*. Metsähallitus, Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä, 152 p. (En Finnois, avec un résumé en Anglais)
- OULASVIRTA P. (Ed.), MELA M., KANGAS M. & LINDBERG T. 2008 – *Freshwater pearl mussel in Tornionjoki river basin*. Metsähallitus, Alleco Ltd., Lapin ympäristökeskus, Norrbotten länsstyrelsen, 83 p.
- OULASVIRTA P., SYVÄRANTA J. & LEINIKKI J. 2012 – *Pirkanmaan jokihelmisimpukakartoitus 2011-2012*. Alleco Oy raportti, 29 p. (En Finnois).
- OULASVIRTA, P., OLOFSSON, P. & VEERSALU, A. 2015 – State of the freshwater pearl mussel populations in northern Fennoscandia. Annex B in: Oulasvirta, P. (ed), Aspholm, P., Kangas, M., Larsen, B.M., Luhta, P.-L., Moilanen, E., Olofsson, P., Salonen, J., Veersalu, A. and Väilä, S., Taskinen, J., *Raakku! – Freshwater pearl mussel in northern Fennoscandia*, Nature Protection Publications of Metsähallitus, Series A, pp. 214-237.
- SÖDERBERG H., HENRIKSSON L., KARLBERG A. & NORRGRAN O. 2009 – The freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* (L.) in Sweden – Status, changes and threats. In: Henriksson L., Arvidson B. & Österling M. (eds.), *Aquatic Conservation with Focus on Margaritifera margaritifera*. Actes de la conférence internationale à Sundsvall, Suède.
- VALOVIRTA I. 2006 – Jokihelmisimpukan levinneisyys ja runsaus. In: Oulasvirta P. (ed.), *Pohjoisten virttojen raakut*. Gummerus, Jyväskylä, 152 p. (En Finnois, avec un résumé en Anglais).
- VALOVIRTA I. & HUTTUNEN P. 1997 – *Jokihelmisimpukan esiintymistietoja Perä-Pohjolan vesistöistä*. Luonnontieteellinen keskusmuseo, Helsingin yliopisto, 37 p. (En Finnois).

Panu OULASVIRTA & Juha SYVÄRANTA :
Alleco Ltd., Finlande
panu.oulasvirta@alleco.fi
Pirkko-Liisa LUHTA : Metsähallitus, Natural Heritage Services, Finlande
pirkko-liisa.luhta@metso.fi



État des populations de mulette perlière dans le Massif armoricain

Pierre-Yves PASCO & Olivier HESNARD



H. Rommé

P.-Y. Pasco



C. Gouineau

O. Hesnard

Bien que la mulette perlière soit largement répartie en Europe, ses populations sont en déclin sur l'ensemble de son aire de répartition (Geist, 2010). Elle est d'ailleurs classée dans la catégorie « critically endangered » (en danger critique d'extinction) dans la liste rouge européenne de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature.

La France se situe au sud-ouest de sa répartition européenne. Sa population a été estimée à 100 000 individus (Cochet, 2004). Elle est présente dans cinq grands ensembles distincts : les Vosges, le Morvan, le Massif Central, la partie ouest des Pyrénées et le Massif armoricain.

Territoire d'étude

Le Massif armoricain, d'une superficie de 58 000 km², constitue une région naturelle, d'une part en raison de l'unité géologique de son sous-sol composé exclusivement de terrains primaires et d'autre part à cause de son isolement des autres massifs primaires par des plaines secondaires ou tertiaires (les bassins parisien et aquitain). À l'époque primaire, des magmas granitiques ou roches voisines ont fait irruption au milieu de terrains primaires et forment aujourd'hui des taches plus ou moins larges sur une partie de ce territoire. Ces vieilles montagnes ont été abrasées au cours du

temps. Le relief actuel est donc peu élevé dans l'ensemble. Il oscille entre 100 m et 400 m dans la partie ouest de la Bretagne (Montagnes Noires, Monts d'Arrée). En Basse-Normandie, les collines de Normandie et du Bas-Maine ont des altitudes à peu près équivalentes, mais dépassent localement les 400 m (notamment aux Monts des Avaloirs, mesurant 417 m, point culminant du Massif armoricain).

La Basse-Bretagne présente donc un relief vallonné sur des roches majoritairement granitiques et les précipitations y sont supérieures à 900 mm par an, comme sur les Collines de Normandie et du Bas-Maine. À l'est de la Bretagne et sur le reste du Massif armoricain, le relief est moins accidenté, le support est schisteux et les précipitations sont inférieures à 800 mm par an.

Les rivières de Basse-Bretagne et des Collines de Normandie et du Bas-Maine ressemblent en bien des points aux rivières de montagne : forte pente, débit soutenu et température fraîche en été.

Répartition de l'espèce avant 2005

Pour établir la présence ancienne de l'espèce sur les rivières du Massif armoricain, trois types de sources ont été utilisés : la consultation de différents documents écrits et de collections ainsi que la collecte de témoignages. Bien que peu précise, la mention la plus ancienne date du XVII^e siècle : « M. de Ponchasteau m'a dit qu'à sept ou huit lieues de Brest, au pied d'une montagne appelée Ménaré, coule un ruisseau dans lequel se pêchent perles petites mais fort blanches, dont sa dame en porte au col, en pendants d'oreilles et en bracelets » (Dubuisson-Aubenay, 1636). Dans son « Histoire ancienne et naturelle de la Province de Bretagne », de Robien évoque également deux rivières dans lesquelles on trouve des moulettes perlières qui produisent des perles (de Robien, 1756). Les « catalogues » publiés au cours du XIX^e siècle sont, quant à eux, beaucoup plus précis (Bourguignat, 1860 ; Taslé, 1867 ; Daniel, 1885 ; Locard, 1889 ; Leboucher & l'Abbé Letacq, 1903), mais ce sont surtout les textes relatant la recherche de perles qui apportent le plus d'informations (Bonnemère, 1901 ; Ogès, 1953) [1].

Les collections des Muséums d'Histoire Naturelle de Paris, Rennes et Nantes contiennent plusieurs échantillons de coquilles de moulettes perlières (pour la plupart datées du XIX^e siècle). Elles ont permis de certifier la présence de l'espèce sur 9 bassins versants.

La collecte de témoignages oraux a apporté des informations pour 22 bassins versants.

Les prospections réalisées par Quéré et Cochet dans les années 1990 (Quéré, 1996, 1997 ; Cochet, 1998), ont permis d'apporter des éléments plus récents sur certaines populations mais aussi de nouvelles informations.

Pour l'ensemble du Massif armoricain, au moins 52 rivières réparties sur 29 bassins versants ont accueilli une population de moulette perlière [2].

Répartition de l'espèce après 2005

Des prospections antérieures au programme LIFE+ ont permis de (ré-)actualiser les connaissances sur plusieurs bassins versants (Hesnard, 2005, 2006 ; Holder, 2007 ; Mérot & Capoulade, 2009a, 2009b) mais ce sont surtout celles réalisées depuis 2010 (Ribeiro *et al.*, 2012 ; Pasco



H. Romné

[1] Perles de moulette perlière récoltées dans la rivière Horn (Finistère)



[2] Répartition de la moule perlière dans le Massif armoricain, avant 2005, en rouge



[3] Répartition de la moule perlière dans le Massif armoricain, après 2005, en rouge

& Capoulade, 2013 ; Pasco & Hesnard, 2013 ; Pasco, 2015a, 2015b) qui nous permettent d'avoir une vision un peu plus claire de l'état des populations à l'échelle du Massif armoricain.

Actuellement, 24 rivières réparties sur 11 bassins versants hébergent encore la moule perlière [3]. Pour 15 rivières, l'effectif est inférieur à 100 individus, avec une absence de recrutement récent.

Seulement 9 rivières ont donc une population supérieure à 100 individus [Tableau 1] avec la présence de quelques jeunes individus, notamment sur le sous-bassin de la Sarre. La population totale est estimée entre 5 000 et 6 000 individus. Les bassins versants de l'Aulne et du Blavet hébergent plus de la moitié de cette population.

Conclusion

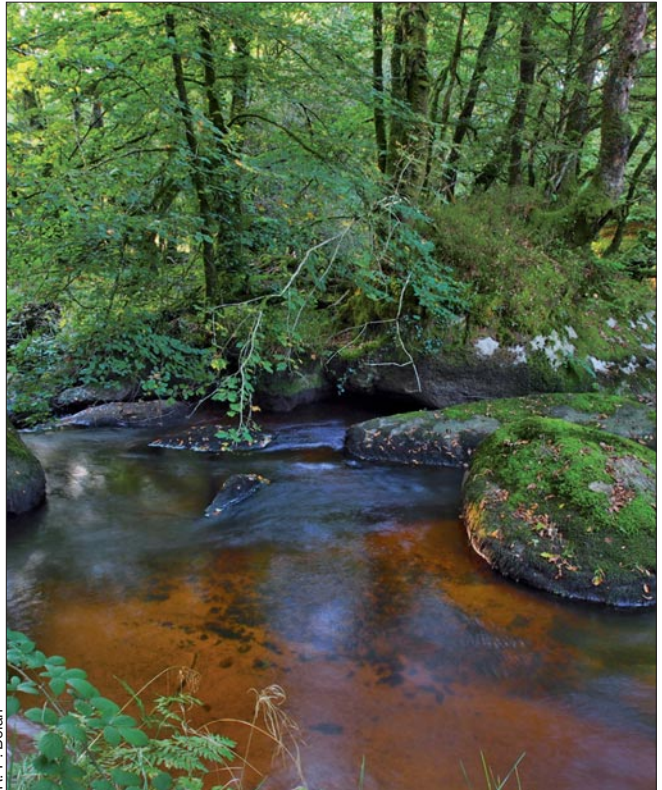
La présence de la mulette a été attestée sur la quasi totalité des bassins versants de l'ouest de la Bretagne et sur une dizaine de cours d'eau bas-normands. En moins

Région	Bassin versant	Sous-bassin	Effectif estimé
Bretagne	Aulne	Elez	1 000 - 1 500
		Fao	100 - 200
	Ellé	Aër	100 - 200
	Blavet	Loc'h	100 - 200
		Sarre	2 000 - 2 300
Basse-Normandie	Loire	Brandifrou	100 - 200
		Sienne	200 - 300
		Orne	100 - 200
	Loire	Sarthon	200 - 300

[Tableau 1] Rivières avec un effectif supérieur à 100 individus



H. Ronné



R.-P. Bolan

À gauche : le Bonne Chère (affluent de la Sarre) ; à droite : l'Elez



H. Ronné

Mulettes perlières dans le Bonne Chère

d'un siècle, son déclin a été estimé à plus de 95 %. Le programme LIFE+ « Conservation de la mulette perlière d'eau douce du Massif armoricain » vise à enrayer ce déclin et à sauvegarder les populations restantes. ■

Bibliographie

BONNEMÈRE L. 1901 – *Les mollusques des eaux douces de France et leurs perles*. Institut international de Bibliographie Scientifique, Paris, 155 p.

BOURGUIGNAT J.-R. 1860 – *Malacologie terrestre et fluviatile de la Bretagne*. Librairie J.-B. Baillière, Paris, 178 p.

COCHET G. 1998 – *Inventaire des cours d'eau à Margaritifera margaritifera en France*. Rapport inédit et atlas cartographique du Ministère de l'Environnement, Direction de l'eau, Paris, 175 p.

COCHET G. 2004 – *La Moule perlière et les náyades de France. Histoire d'une sauvegarde*. Éd. Christian Bouchardy, Nohant, 32 p.

DANIEL F. 1885 – *Faune malacologique terrestre, fluviatile et marine des environs de Brest (Finistère)*. Biodiversity Heritage Library, 267 p.

DUBUISSON-AUBENAY 1636 – *Itinéraire de Bretagne*. Éd. 1898-1902, Archives municipales de Nantes.

GEIST J. 2010 – Strategies for the conservation of endangered freshwater pearl mussels (*Margaritifera margaritifera* L.): a synthesis of conservation genetics and ecology. *Hydrobiologia*, 644, pp. 69-88.

HESNARD O. 2005 – *Réactualisation des données anciennes de mulette perlière (Margaritifera margaritifera) dans les rivières du bocage ornais*. Rapport CPIE des collines normandes, Parc Naturel Régional Normandie-Maine, Agence de l'eau Loire-Bretagne, 27 p.

HESNARD O. 2006 – *Inventaire des populations de mulette perlière (Margaritifera margaritifera) sur le Sarthon et la Halouze*. Rapport CPIE des collines normandes, Parc Naturel Régional Normandie-Maine, Agence de l'eau Loire-Bretagne, 19 p.

HOLDER E. 2007 – *La moule perlière de l'Elez : bilan et perspectives – Étude réalisée entre 2004-2007*. Rapport Bretagne Vivante – SEPNB, Agence de l'eau Loire-Bretagne, CG 29, Pays Centre Ouest Bretagne, Région Bretagne, Fondation Nature et Découvertes, 161 p.

LEBOUCHER J. & l'Abbé LETACQ A.-L. 1903 – *Catalogue des mollusques observés dans le département de l'Orne*. Extrait du Bulletin de la Société Linnéenne de Normandie, 5^e série, 6^e volume, Caen, 35 p.

LOCARD A. 1889 – *Contribution à la faune malacologique française. XIII – Révision des espèces françaises appartenant aux genres Margaritana et Unio*. Librairie J.-B. Baillière et Fils, Paris, 163 p.

MÉROT J. & CAPOULADE M. 2009a – *Étude de la localisation de la mulette perlière Margaritifera margaritifera, sur l'Elorn et ses affluents*. Rapport Bretagne Vivante – SEPNB, Syndicat de bassin de l'Elorn, 13 p.

MÉROT J. & CAPOULADE M. 2009b – *Étude de la localisation de la mulette perlière Margaritifera margaritifera, sur le Scorff et plusieurs cours d'eau locaux*. Rapport Bretagne Vivante – SEPNB, Syndicat du Scorff, 14 p. et annexes.

OGÈS L. 1953 – Les perles bretonnes. *Nouvelle Revue de Bretagne*, 1, pp. 26-29.

PASCO P.-Y. 2015a – *Recherches de la mulette perlière sur certains affluents du Blavet dans le Morbihan, entre 2012 et 2014*. Rapport Bretagne Vivante – SEPNB, Syndicat de la vallée du Blavet, Conseil Général du Morbihan, Agence de l'eau Loire-Bretagne, à paraître.

PASCO P.-Y. 2015b – *Recherches de la mulette perlière sur le bassin versant de l'Ellé*. Rapport Bretagne Vivante – SEPNB, Roi Morvan Communauté, DREAL Bretagne, à paraître.

PASCO P.-Y. & CAPOULADE M. 2013 – *Inventaires complémentaires et suivi des populations de mulettes perlières en Bretagne*. Programme LIFE+ Conservation de la moule perlière d'eau douce du Massif armoricain. Rapport Bretagne Vivante – SEPNB, 14 p.

PASCO P.-Y. & HESNARD O. 2013 – La Mulette perlière en Bretagne et Basse-Normandie. *Penn ar Bed*, 215, pp. 2-7.

QUÉRÉ P. 1996 – Étude de l'évolution des populations de *Margaritifera margaritifera* L. en Bretagne : premiers résultats. *Penn ar Bed*, 162, p. 29.

QUÉRÉ P. 1997 – *Étude sur la répartition de Margaritifera margaritifera en Bretagne*.

Programme Morgane. Rapport Bretagne Vivante – SEPNB, 29 p. et annexes.

RIBEIRO M., BEAUFILS B., HESNARD O. & ROSTAGNAT L. 2012 – *Suivis et inventaires complémentaires des populations de mulettes perlières en Basse-Normandie*. Programme LIFE+ Conservation de la moule perlière d'eau douce du Massif armoricain. Rapport CPIE des collines normandes, 16 p.

ROBIEN (de) C.-P. 1756 – *Description historique, topographique et naturelle de l'ancienne armorique*. (première édition mise au point par J.-Y. Veillard, Rennes, 1974)

TASLÉ A. 1867 – *Catalogue des mollusques marins, terrestres et fluviatiles observés dans le département du Morbihan*. Imp. L. Galles, Vannes, 72 p.

Pierre-Yves PASCO : Bretagne Vivante – SEPNB, Brest, France
pierre-yves.pasco@bretagne-vivante.org
Olivier HESNARD : CPIE des Collines normandes, Ségrie-Fontaine, France
o.hesnard@cpie61.fr



H. Romné

Le Sarthon



Activités de conservation sur la zone située autour de Saint-Pétersbourg et leur impact sur la mulette perlière

Igor POPOV



I. Popov

A. Kotova

Saint-Pétersbourg est située à l'embouchure de la rivière Neva qui s'écoule dans le golfe de Finlande, dans la mer Baltique. Sept populations de mulette perlière ont récemment été observées dans ses environs, dans un rayon de 250 km (Popov & Ostrovsky, 2014) [1]. Le nombre total d'individus est à peine supérieur à 50 000. Toutefois, leur présence est toujours surprenante car Saint-Pétersbourg, dont la population atteint les 5 millions d'habitants, entraîne d'énormes impacts négatifs sur l'environnement.

Bien qu'aucun programme spécifique pour la conservation de la mulette perlière n'ait jamais vu le jour dans la région, certaines activités de protection de la nature menées avec d'autres objectifs ont contribué à la survie de l'espèce.

Relâchers de jeunes saumons de l'Atlantique dans les habitats à mulette perlière



I. Popov

[1] Emplacement des rivières à mulette perlière autour de Saint-Pétersbourg : 1) Peipia, 2) Gladyshevka, 3) Roshinka, 4) Sestra, 5) Okhta, 6) Yanega et 7) Shotkusa

Dans la rivière Gladyshevka, des jeunes saumons sont relâchés depuis longtemps pour tenter de restaurer la population locale décimée. L'état antérieur de la population de mulette perlière reste inconnu ; seuls trois échantillons de cette zone ont été conservés à l'Académie des Sciences russe. En plus du saumon de l'Atlantique, la truite fario est également présente dans ce secteur (Khalturin, 1970).

Des relâchers de jeunes saumons ont été menés dans les années 1980, mais sans succès, puisqu'aucun retour de reproducteur n'avait été observé dans la rivière. Depuis 2000, les relâchers de saumons ont repris. Initialement, ils faisaient partie d'un lot élevé à des fins scientifiques. Les excédents de juvéniles obtenus pendant ce processus d'élevage ont été relâchés

Mois et année	Nombre	Poids moyen (en g)	Âge
Mai 2000	8 500	8-10	1+
Mai 2001	1 500	100	2+
Septembre 2002	10 000	8-10	0+
Mai 2003	1 500	15	1+
Septembre 2003	10 000	8-10	0+
Septembre 2004	10 000	8-10	0+

[Tableau 1] Relâchers de jeunes saumons de l'Atlantique dans la rivière Gladyshevka

dans leur environnement naturel. Ces juvéniles étaient issus des reproducteurs des cours d'eau Neva et Narova qui se jettent dans la partie russe de la mer Baltique. Le premier relâcher de l'an 2000 a été particulièrement fructueux : 8 500 tacons pesant 8 à 10 g ont été relâchés dans deux radiers de la rivière. Puis, en juin et septembre de cette même année, une pêche électrique a été effectuée et a révélé une densité élevée de tacons, à savoir environ un tacon par mètre carré. Cela signifie qu'un nombre élevé de tacons est resté cantonné dans les radiers lors de la saison de reproduction des mulettes perlières (août). Malheureusement, les relâchers suivants ont moins bien réussi sur cet aspect : soit des grands juvéniles ont été relâchés au mois de mai, soit les petits juvéniles ont été relâchés en septembre [Tableau 1]. Cela signifie que, soit la plupart d'entre eux ont migré vers la mer au printemps, soit que les tacons étaient alors trop peu nombreux dans la rivière pendant l'été. En 2003, une tentative d'estimation des résultats a été entreprise : une pêche visant à rechercher les reproducteurs a été réalisée, et l'un d'entre eux a pu être attrapé (Popov, 2003).

En 2006, la première prospection de mulette perlière a eu lieu, et un petit nombre d'individus a été trouvé dans la rivière Gladyshevka et son affluent, Roshinka. Dans le radier où les tacons ont été relâchés, deux jeunes mulettes perlières ont été trouvées. À l'occasion de ces recherches, une frayère, assortie d'un alevin, a été retrouvée, preuve du repeuplement du saumon de l'Atlantique (Ostrovsky & Popov, 2008) [2][3]. D'autres individus de mulette perlière ont été observés dans ces cours d'eau durant plus de 5 ans [Tableaux 2 et 3]. Il s'est avéré que la situation n'a pas beaucoup changé : les mulettes perlières étaient encore peu nombreuses, mais quelques jeunes avaient été observées [4]. Ces jeunes spécimens ont été trouvés aux endroits où les tacons d'élevage avaient été relâchés. Il est probable que ces relâchers ont stimulé le recrutement de la population de mulette perlière. Ces rivières connaissent désormais une situation atypique : la population de mulette perlière est très faible, quelques dizaines d'individus, mais elle se reproduit. À l'inverse, en Europe, certaines populations numériquement plus importantes que celle-ci ne se sont pas reproduites depuis des décennies (Araujo & Ramos, 2001).



[2] Frayère de salmonidés dans la rivière Gladyshevka



[3] Alevin de saumon à la surface de la frayère

Année	Surface étudiée sur le fond de la rivière (en m ²)	Nombre de mulettes perlières	Nombre de jeunes mulettes perlières (environ 5 cm de long)
2006	500	3	2
2007	500	5	0
2008	200	-	-
2009	400	2	1
2010	300	1	1

[Tableau 2] Résultats des observations de mulettes perlières dans la rivière Gladyshevka

Année	Surface étudiée sur le fond de la rivière (en m ²)	Nombre de mulettes perlières	Nombre de jeunes mulettes perlières (environ 5 cm de long)
2006	1 000	23	0
2007	200	4	0
2008	200	0	0
2009	200	2	3 coquilles vides
2010	200	3	0

[Tableau 3] Résultats des observations de mulettes perlières dans la rivière Roshinka



I. Popov

[4] Jeune mulette perlière de la rivière Gladyshevka

Zones protégées autour des habitats à mulette perlière

Les rivières mentionnées ci-dessus se situaient dans deux espaces protégés. Celui de la rivière Gladyshevsky a d'ailleurs

été créé pour la conservation de la mulette perlière et des salmonidés. Le second, celui de la rivière Lindulovskaya rosha, a été mis en place pour la conservation d'arbres rares, à savoir une ancienne oliveraie, datant du XVIII^e siècle. La mulette perlière a été découverte après la création de cet espace protégé et, dans ce cas, la

conservation de la ripisylve a contribué à la conservation de l'environnement proche.

La « redécouverte » de la mulette perlière dans ces rivières a motivé la recherche d'autres populations. Il s'avère qu'elles avaient déjà été protégées « par hasard » dans un autre espace protégé, celui de Kotelsky, créé pour la protection du lac Kopanskoye et ses forêts voisines. Dans la petite rivière Peipia s'écoulant de ce lac vers la mer Baltique, environ 40 000 mulettes perlières ont été découvertes, avec des densités de 1 000 individus par m² (Ostrovsky & Popov, 2011) [5]. La création de l'espace protégé a préservé des menaces les populations de mulette perlière. Bien que le lac ait attiré les convoitises de l'aquaculture, celle-ci a été interdite, préservant ainsi la zone des pollutions inhérentes à ce type d'activité. La conservation des forêts a également préservé les habitats de mulette perlière. Toutefois, le manque d'informations concernant la mulette perlière n'a pas pu empêcher la mise en place d'activités qui ont nui à cette dernière. Sur l'une des berges, un sanatorium rejetait ses eaux usées directement sur une zone de concentration de mulettes perlières. Un contrôle insuffisant de la pollution a conduit à la mort de plusieurs milliers de mulettes perlières. Récemment, plusieurs centaines d'individus ont également péri à cause de travaux de rénovation d'une ligne électrique. Aujourd'hui, grâce à de récentes études sur l'espèce mises à disposition de toutes les organisations, ce genre d'événement a moins de chances de se produire.

Maintien de la ripisylve

Quatre populations de mulette perlière ont été trouvées dans les rivières qui s'écoulent dans les zones non protégées. Leur conservation a été possible grâce à l'existence d'une ripisylve sur les berges (Popov, 2015). Dans une telle situation, le retrait des berges, la dérive du sable, l'acidification ou d'autres influences négatives provenant de la zone environnante n'ont qu'une faible incidence. Le maintien de la ripisylve est possible car les terres agricoles occupent de petites surfaces du bassin versant (Popov, 2015), et grâce également aux spécificités de l'utilisation des terres et de la rivière. En effet, les cours d'eau et leurs berges ne peuvent pas être des propriétés privées en Russie. Et même si une parcelle privée se situe près d'un cours d'eau, son accès doit rester libre. Certaines exceptions et violations ont souvent lieu, mais la partie



[5] Mulettes perlières de la rivière Peipia

principale des berges reste « sans propriété ». Cette situation a entraîné un état « désordonné » des berges : personne ne débroussaie la végétation là où cela s'avère pourtant nécessaire [6]. On trouve toujours, au moins, une petite bande de végétation naturelle. Les cours d'eau étant « sans propriété », l'État peut poser quelques interdictions quant à leur utilisation. Selon le code de l'eau de Russie (loi 74-FZ du 3 février 2006), les « zones de protection de l'eau » et les « zones de mise en défens des rives » existent sur les berges de chaque cours d'eau. Ces concepts indiquent différents modes d'interdiction, à différentes distances de l'eau. Une « zone de mise en défens des rives » concerne habituellement une



[6] Habitat à mulette perlière sur la rivière Yanega

distance de 30 à 50 m, tandis qu'une « zone de protection de l'eau » peut s'étendre sur 30 à 200 m. Dans une « zone de protection de l'eau », les activités suivantes sont interdites : 1) utilisation des eaux usées pour fertiliser le sol ; 2) utilisation des terres pour les cimetières, les lieux de sépulture pour animaux ou les déchets ; 3) traitement aérien contre les nuisibles ; 4) circulation et stationnement des véhicules en dehors des routes et des endroits spécialement désignés. Dans les « zones de mise en défens des rives », il est interdit de labourer, d'ajouter de la terre ou de mettre en pâture.

La gestion forestière a également contribué à la conservation de l'environnement riverain. Les forêts, elles aussi, ne peuvent faire l'objet d'une propriété privée en Russie. En revanche, elles peuvent être louées. Ce mode de fonctionnement a abouti à de nombreuses restrictions sur leur utilisation et sur le fait qu'elles soient exploitées de manière extensive, plutôt qu'intensive. Les branches, les souches, les feuilles des arbres et les arbustes ne sont généralement pas utilisés [7]. Il reste une grande masse organique après le déboisement de la forêt, malgré le récent développement des technologies européennes dédiées à l'utilisation intensive du bois. Habituellement, le renouvellement

des forêts se fait naturellement, sans transformation de la forêt en plantation d'arbres. Dans ces conditions, le drainage naturel dans les rivières persiste.

Le « livre rouge » de Russie

Dans les années 1990, les autorités russes ont établi une base organisationnelle pour un travail sur « le livre rouge de Russie », ainsi que sur des livres rouges locaux pour les membres de la Fédération de Russie. Ces livres constituent les premières versions de la liste rouge des espèces menacées de l'UICN. Seules les espèces rares et menacées y sont incluses. De nombreuses lois russes tiennent compte de ces livres rouges. Ainsi, conformément à la loi sur la protection de l'environnement (loi 7-FZ du 10 janvier 2002), toute action pouvant nuire aux espèces inscrites au livre rouge est interdite.

La mulette perlière fait partie de cette liste rouge (www.sevin.ru/redbook). Si nécessaire, certains actes pouvant menacer l'espèce peuvent être dénoncés à l'initiative de chacun (comme dans le cas de la rivière Peipia mentionnée ci-dessus). Toutefois, ce système n'est pas suffisam-



[7] Clairière, à proximité de la rivière Peipia, habitat à mulette perlière

I. Popov

ment efficace car il n'existe aucune base de données indiquant l'endroit précis où se situent les espèces en voie de disparition. Certains dommages causés à ces espèces peuvent alors passer inaperçus.

Il convient de mentionner que certains chercheurs ont tendance à classer les informations sur l'emplacement des habitats de mulette perlière comme confidentielles et à faire référence aux rivières dans leurs articles au moyen de lettres (ex. rivière A, rivière B, etc.) (Buddensiek, 1995 ; Hastie *et al.*, 2000). Certains scientifiques russes ont décidé d'en faire autant (Ostrovsky & Popov, 2011). Cependant, le cas de la rivière Peipia démontre les effets négatifs d'une telle pratique : le manque d'informations a provoqué un déni de l'état de la rivière. À l'inverse, les infimes informations concernant la présence de mulettes perlières dans la rivière Gladyshevka ont pu inciter à la mise en place de mesures de conservation.

Les populations de truite fario du bassin de la mer Baltique et les populations enclavées de saumon de l'Atlantique (y compris le saumon du lac Ladoga) sont également présentes dans le livre rouge de Russie. La pêche de ces espèces est interdite mais l'application de cette interdiction est inefficace. Les autorités se concentrent généralement sur la pêche ayant lieu dans les cours d'eau importants, tandis que la pêche dans les petites rivières est moins contrôlée. La destruction des poissons-hôtes est maintenant le facteur le plus négatif et le plus important menaçant l'état actuel des populations de mulette perlière dans la zone d'étude.

Conclusion

Des mesures de conservation passive visant à protéger l'environnement dans son ensemble ont permis la survie des populations de mulette perlière sur la zone autour de Saint-Petersbourg, mais ne garantissent pas la stabilité de l'espèce dans un avenir proche. Le nombre de mulettes perlières diminue. Des mesures actives, comprenant l'élevage artificiel de mulettes perlières et de leurs poissons-hôtes, sont nécessaires pour la plupart des populations. ■

Bibliographie

- ARAUJO R. & RAMOS A. 2001 – *Action plans for Margaritifera auricularia and Margaritifera margaritifera in Europe*. Council of Europe, Strasbourg, 73 p.
- BUDDENSIEK V. 1995 – The culture of juvenile freshwater pearl mussels *Margaritifera margaritifera* L. in cages: A contribution to conservation programmes and the knowledge of habitat requirements. *Biological Conservation*, 74, pp. 30-33.
- HASTIE L.C., YOUNG M.R., BOON P.J., COSGROVE P.J. & HENNINGER B. 2000 – Sizes, densities and age structures of Scottish *Margaritifera margaritifera* (L.) populations. *Aquatic conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 10, 4, pp. 229-247.
- KHALTURIN D.K. 1970 – Study of biology of the brown trout of Karelian Istmuss (*Salmo trutta* L.). *Voprosy ichtiologii*, 10, 2, 61, pp. 319-332.
- OSTROVSKY A.N. & POPOV I.Yu. 2008 – Chance for the pearl mussel? *Priroda*, 9, pp. 64-68.
- OSTROVSKY A.N. & POPOV I.Yu. 2011 – Rediscovery of the largest population of the freshwater pearl mussel in the Leningrad oblast (north-west Russia). *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 21, pp. 113-121.
- POPOV I. 2003 – The Baltic Salmon of Russia now. *Aquaterra. Proceedings of the conference*. Saint-Petersburg Christian University, pp. 127-129.
- POPOV I. 2015 – Impact of deforestation on pearl mussel habitats in the Russian section of the Baltic Sea basin. *Limnologica*, 50, pp. 84-91.
- POPOV I.Yu. & OSTROVSKY A.N. 2014 – Survival and extinction of the southern populations of freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* in Russia (Leningradskaya and Novgorodskaya oblast). *Hydrobiologia*, 735 (1), pp. 161-177.
- Portail officiel de l'information juridique de Russie – <http://www.pravo.gov.ru>, visitée le 10 janvier 2014.
- Page officielle du livre rouge de Russie – <http://www.sevin.ru/redbook>, visitée le 03 janvier 2014.

Remerciements :

L'auteur tient à remercier la Rufford small grants foundation pour avoir soutenu le projet.

Igor POPOV : Département de l'écologie appliquée, Faculté de biologie de l'Université de Saint-Petersbourg, Russie
igorioshapopov@mail.ru

Session 2

Apports récents sur la biologie et l'écologie des bivalves d'eau douce en Europe, en lien avec leur conservation

- ▶ **Élevage de moules perlières d'eau douce et contribution à la conservation de l'espèce**

Frankie THIELEN

- ▶ **Mise en place d'un protocole d'élevage pour les moules perlières du Massif armoricain**

Pierrick DURY

- ▶ **Influence de la période d'exkystement sur le succès de l'élevage des jeunes moules perlières d'eau douce**

Tanja EYBE, Frankie THIELEN, Torsten BOHN & Bernd SURES

- ▶ **Conservation de la moule perlière d'eau douce en Autriche : un système d'élevage contrôlé en progrès**

Daniela GSTÖTTENMAYR, Christian SCHEDER & Clemens GUMPINGER



Élevage de mulettes perlières d'eau douce et contribution à la conservation de l'espèce

Frankie THIELEN



F. Thielen

B. Praun

Les mulettes d'eau douce constituent l'un des groupes taxonomiques les plus menacés au monde (Williams *et al.*, 1993) et de nombreuses espèces sont proches de l'extinction à cause de la pollution, de la dégénérescence et de la destruction de leurs habitats. La seule manière de sauver ces populations sur le long terme est de restaurer leurs habitats. Cependant, il s'agit d'un processus long et de nombreuses populations locales auront disparu avant que celui-ci ne soit terminé.

Une des possibilités de sauvegarde de la diversité génétique de la plupart des populations de mulettes autochtones est de favoriser la reproduction artificielle de jeunes mulettes pour accroître les populations en attendant la complète restauration du milieu.

La mulette perlière d'eau douce *Margaritifera margaritifera* a connu un déclin massif au cours des dernières décennies et de nombreuses populations ne sont plus fonctionnelles (Geist, 2010). Un trop grand nombre a déjà disparu ou est en voie d'extinction. La mulette perlière d'eau douce est maintenant protégée par les législations nationales et européennes (Directive « Habitat-Faune-Flore ») et, de ce fait, tous les pays abritant cette espèce sont tenus de la protéger et, si possible, d'accroître les populations restantes. La présence de populations bien portantes dans un cours d'eau témoigne de rivières parfaitement propres, sans surexploitation du bassin versant. Ziuganov *et al.* (1994) proposent quatre stratégies pour protéger les populations de mulettes. Une première possibilité est de créer des zones refuge suffisamment protégées pour que les

mulettes puissent y vivre et se reproduire. Une seconde est de transférer les mulettes adultes des rivières de recrutement saines vers les rivières abritant des populations menacées. Ziuganov propose également de relâcher des poissons-hôtes infestés. Enfin, la quatrième méthode consiste à développer des élevages de mulettes perlières. Ces dernières années, de nombreuses tentatives ont été menées dans ce sens, comme nous allons le voir par la suite.

Culture de la mulette perlière d'eau douce

Brève rétrospective historique

En Europe, Hruška fut le premier à s'essayer à la culture de *Margaritifera margaritifera* entre 1980 et 1990 en République tchèque (Hruška, 1992, 1999). En 1995, Buddensiek a poursuivi le travail avec une série d'essais *in-situ* qui faisaient appel, pour la première fois, au concept de cages « à trous », ou « cages Buddensiek »

(Buddensiek, 1995). Entre 1999 et 2001, les premières tentatives d'élevage eurent lieu en Écosse, sous la supervision de Hastie (Hastie & Young, 2003). C'est Michael Lange qui, dans le land de Saxe en Allemagne, a amélioré les méthodes employées par Hruška et a développé des protocoles très utiles sur la façon d'élever les jeunes mulettes en cages Buddensiek ou en boîtes de graviers (Lange & Selheim, 2011). D'autres activités d'élevage ont également vu le jour et plusieurs sont actuellement en cours dans 14 pays européens [1]. Cet article se concentre principalement sur la mulette perlière (*Margaritifera margaritifera*), mais certaines informations sont également valables pour la grande mulette (*Margaritifera auricularia*) et deux espèces de *Margaritifera* d'Amérique du Nord (*M. marrianae* et *M. falcata*).

Comment cultiver la mulette perlière d'eau douce ?

Le cycle de vie

Le cycle de vie de la mulette perlière est essentiellement décrit comme un cycle complexe au cours duquel les larves parasitaires (glochidies) s'enkystent dans les branchies de jeunes truites fario (*Salmo trutta fario*). Les larves restent accrochées au poisson tout l'hiver avant de se détacher au printemps pour aller s'installer au fond du cours d'eau. Cachées dans les

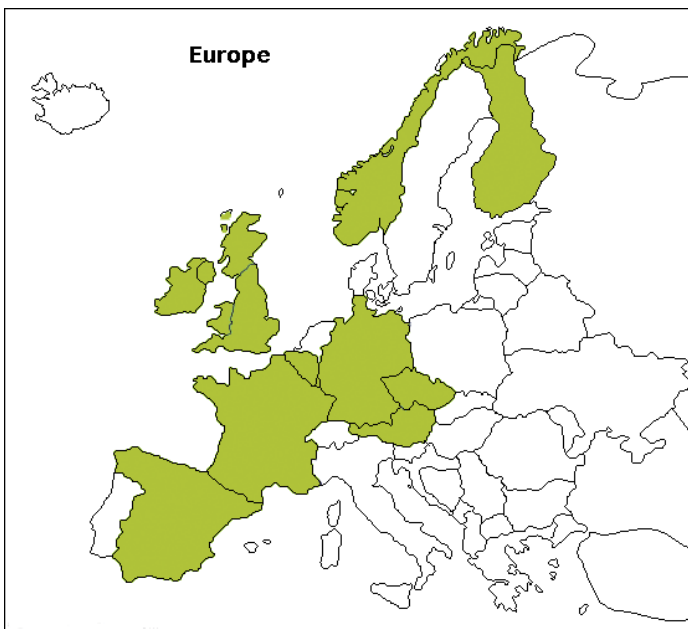
sédiments, les jeunes mulettes se développent et deviennent visibles après trois à cinq ans. À l'âge de 10-15 ans, elles sont considérées comme matures. Pour démarrer la culture, il est nécessaire de recueillir des larves pleinement développées (Scheder *et al.*, 2011) à partir de mulettes adultes. Deux méthodes différentes peuvent être utilisées, elles sont décrites ci-dessous.

La stratégie de la frayère natale

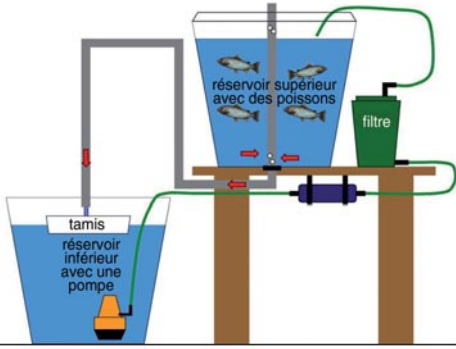
On recherche les mulettes adultes dans leur espace naturel pour les observer de la fin du printemps à la fin de l'été et suivre le développement des larves. Celles-ci peuvent être collectées dans la rivière à la bonne période, ou à partir de mulettes placées en écloserie ou en élevage et conservées en bassins jusqu'à ce que leurs larves atteignent le stade de développement voulu. Les mulettes adultes utilisées sont ensuite remises dans leur habitat d'origine et les larves recueillies sont immédiatement utilisées pour les mettre en contact avec les poissons.

La stratégie de l'arche

Les mulettes adultes d'une ou de plusieurs populations sont prélevées dans leurs habitats naturels respectifs. Certaines d'entre elles sont placées en écloserie ou en élevage. Les bivalves sont alors conservés dans des réservoirs sur de longues périodes allant de quelques mois



[1] Pays européens pratiquant des activités d'élevage de *Margaritifera* (en vert)



[2] Installation pour la collecte de jeunes moules

à plusieurs années. La survie de la population de moules dépend de la qualité de l'eau et des nutriments circulant dans les réservoirs. À la fin de l'été, les larves libérées sont recueillies et immédiatement utilisées pour la mise en contact avec les poissons.

Les méthodes de culture les plus utilisées

Une fois les poissons-hôtes mis en contact, ils passent l'hiver en bassins. Dès janvier, un cycle de collecte précoce de jeunes moules peut commencer (Eybe *et al.*, 2014). Une installation dédiée à la collecte des larves de moules doit être mise en place et les poissons correctement infestés doivent être sélectionnés puis transférés vers le réservoir supérieur de l'installation [2]. Après avoir obtenu suffisamment de degrés-jours (environ 2 500°C.jour) (Hruska, 1992 ; Thomas *et al.*, 2010), les premières jeunes moules se détachent des poissons et sont recueillies grâce à un tamis installé au-dessus du réservoir inférieur. Selon le protocole d'alimentation, les moules atteignent une taille de 1 mm après 100 à

120 jours si elles sont cultivées dans des boîtes contenant de l'eau riche en résidus de prairies humides (« débris ») (Eybe *et al.*, 2013). Lorsqu'elles ont atteint une taille d'au moins 1 mm, les jeunes moules sont en général transférées en cages Buddensiek (Buddensiek, 1995 ; Schmidt & Vandré, 2010) puis relâchées dans leur cours d'eau d'origine. Lorsqu'elles atteignent une taille supérieure à 5 mm, après 2 à 3 ans, les moules sont transférées dans des cages plus grandes (de type boîtes de graviers ou silos). Après avoir passé quelques années de plus (2-3 ans) dans ces cages, les moules peuvent enfin être relâchées dans leur habitat naturel d'origine.

Autres systèmes d'élevage

Au cours des dernières années, le nombre de tentatives de culture de moules perlières d'eau douce n'a cessé de croître, tout comme les méthodes utilisées pour y arriver (Gum *et al.*, 2011). En Irlande du Nord, des systèmes semi-naturels tels que des bassins rectangulaires artificiels ont été utilisés avec succès (Preston *et al.*, 2007), mais des méthodes plus intensives, comme la culture in vitro, ont également été essayées. Une autre méthode de propagation consiste à libérer des poissons infestés directement dans le cours d'eau.

Activités d'élevage en Europe et aux États-Unis

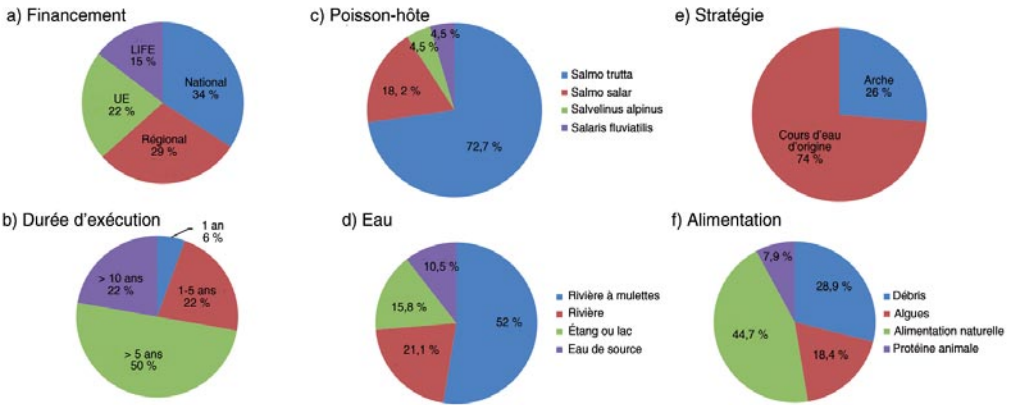
Les Figures [1] et [3] représentent tous les pays d'Europe et certains états des États-Unis (en vert) pratiquant des activités d'élevage de moules perlières d'eau douce. Les activités d'élevage sont renseignées selon les pays ou les régions (Gum *et al.*, 2011) [Tableau 1].



[3] États fédéraux des États-Unis pratiquant des activités d'élevage de *Margaritifera* (en vert)

Pays	Années	Espèce / Nombre de populations	Poisson-hôte	Eau utilisée	Stratégie	Méthode
Norvège	Depuis 2011	M.m / 19	<i>Salmo trutta fario</i> <i>Salmo salar</i>	Bassin	Arche Frayère natale	Boîtes de débris Cours d'eau artificiel
Finlande	2005 / 2007 / en cours depuis 2012	M.m / 1	<i>Salmo trutta fario</i>	Lac	Frayère natale	Libération de jeunes mulettes / Culture in vitro
Écosse	2001	M.m / 1	<i>Salmo salar</i>	Rivière	Frayère natale	Cages de graviers
Angleterre	Depuis 2007	M.m / 9	<i>Salmo trutta fario</i> <i>Salmo salar</i> <i>Salvelinus alpinus</i>	Lac	Arche	Plateaux de graviers
Pays de Galles	Depuis 2004	M.m / 7	<i>Salmo trutta</i> / <i>Salmo salar</i>	Rivière	Arche	Plateaux de graviers
Irlande du Nord	Depuis 1999	M.m / 1	<i>Salmo trutta fario</i>	Rivière	Arche	Bassins rectangulaires semi-naturels / Libération de poissons infestés
République d'Irlande	Depuis 2006	M.m.d / 1	<i>Salmo trutta fario</i>	Rivière	Frayère natale	Élevage semi-naturel de jeunes mulettes en réservoirs longs avec des fonds circulaires, composés de graviers
Allemagne Vogtland	2000-2012	M.m / 3	<i>Salmo trutta fario</i>	Rivière	Frayère natale	Boîtes de débris Cages Buddensiek Cages de graviers
Allemagne Passau	Depuis 2007	M.m / 4	<i>Salmo trutta fario</i>	Rivière	Frayère natale	Boîtes de débris / Cages Buddensiek / Cages de graviers / Libération de poissons infestés
Allemagne Aachen	Depuis 2006	M.m / 3	<i>Salmo trutta fario</i>	Rivière	Frayère natale	Boîtes de débris Cages Buddensiek Cages de graviers Libération de poissons infestés
Allemagne rivière Lutter	1973-2001	M.m / 1	<i>Salmo trutta fario</i>	Rivière	Frayère natale	Mise en contact et libération de poissons (autochtone)
Belgique	2005-2012	M.m / 3	<i>Salmo trutta fario</i>	Rivière	Frayère natale	Jeunes mulettes libérées dans des bassins rectangulaires semi-naturels
Luxembourg	Depuis 2008	M.m / 1	<i>Salmo trutta fario</i>	Rivière	Frayère natale	Boîtes de débris Cages Buddensiek Cages de graviers Aquariums à fond sablonneux Libération de poissons infestés, mais aussi culture intensive en laboratoire
République tchèque	Depuis 1990	M.m / 7	<i>Salmo trutta fario</i>	Puits et rivière	Frayère natale	Boîtes de débris Cages Buddensiek Cages de graviers
Autriche	Depuis 2010	M.m / 3	<i>Salmo trutta fario</i>	Rivière	Arche	Boîtes de débris Cages Buddensiek Cages de graviers / Silos
France	Depuis 2010	M.m / 6	<i>Salmo trutta fario</i>	Rivière	Frayère natale	Auges remplies de sable Culture intensive en laboratoire
Espagne Galice	Depuis 2012	M.m / 2	<i>Salmo trutta fario</i>	Rivière	Arche	Boîtes de débris Cages Buddensiek Culture intensive en laboratoire Libération de poissons infestés
Espagne fleuve Ebre	2003-2014	M.a / 3	<i>Salaria fluviatilis</i>	Rivière	Arche	Libération de poissons infestés dans le fleuve Libération de jeunes mulettes recueillies en laboratoire
USA Alabama	Depuis 2013	M.mar / 1	<i>Esox americanus</i>	Puits	Frayère natale	Boîtes de débris
USA / État de Washington	Depuis 2014	M.f. / 1	<i>Oncorhynchus clarkii</i>	Puits	Frayère natale	Boîtes de débris
USA Missouri	Depuis 2012	M.f. / 1 de l'État de Washington	<i>Oncorhynchus clarkii</i>	Puits	Frayère natale	Boîtes de débris

[Tableau 1] Exemples d'élevages artificiels de mulettes perlières d'eau douce en Europe et aux États-Unis (M.m : *Margaritifera margaritifera* ; M.m.d : *Margaritifera margaritifera durrovensis* ; M.a : *Margaritifera auricularia* ; M.mar : *Margaritifera marrianae* ; M.f : *Margaritifera falcata*)



[4] Différents aspects de la culture de Margaritifera en pourcentages : a) Financement, b) Durée d'exécution, c) Poisson-hôte, d) Eau utilisée, e) Stratégie utilisée, f) Alimentation utilisée

La figure [4] résume certains aspects des activités d'élevage concernant le financement du projet, la durée d'exécution et les méthodes employées concernant les poissons-hôtes, l'eau, la stratégie et l'alimentation.

Si l'on se base sur tous les projets d'élevage actuellement en cours en Europe, les recommandations suivantes peuvent être données :

- Démarrer l'élevage en captivité avant que les mulettes ne soient stressées ou aient purement et simplement disparu !
- Choisir une éclosion adaptée aux besoins des mulettes (qualité de l'eau), et non à ceux des politiques !
- La planification de la restauration de la rivière prend beaucoup de temps. Avez-vous pensé où vous allez conserver vos jeunes mulettes ?
- S'occuper des mulettes requiert passion et patience !

Pour conclure (et contribuer à la conservation des espèces), rappelons que :

- presque tous les pays à mulette perlière d'eau douce en Europe ont démarré des activités d'élevage ;
- la réussite des activités d'élevage de *M. margaritifera* est possible mais la réussite des projets de remise en milieu naturel reste rare ;
- l'élevage est et doit rester une solution de secours ;
- les mulettes élevées en captivité peuvent servir de bio-indicateur pour trouver des cours d'eau appropriés à leur libération ;
- un programme de suivi devrait être mis en place pour les mulettes relâchées dans leur milieu naturel ;

- il est important de mettre en commun les connaissances ;
- la restauration des habitats naturels (cours d'eau) reste de loin la meilleure solution. ■

Bibliographie

BUDDENSIEK V. 1995 – The culture of juvenile freshwater pearl mussels *Margaritifera margaritifera* L. in cages: A contribution to conservation programmes and the knowledge of habitat requirements. *Biological Conservation*, 74 (1), pp. 33-40.

EYBE T., THIELEN F., BOHN T. & SURES B. 2013 – The first millimeter – rearing of juvenile freshwater pearl mussels (*Margaritifera margaritifera*) in plastic boxes. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 23, pp. 964-975.

EYBE T., THIELEN F., MULLER T., BOHN T. & SURES B. 2014 – Influence of the excitement time on the breeding success of juvenile freshwater pearl mussels (*Margaritifera margaritifera*). *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, DOI: 10.1002/aqc.2471, sous presse.

GEIST J. 2010 – Strategies for the conservation of the endangered freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera* L.): a synthesis of conservation genetics and ecology. *Hydrobiologia*, 644, pp. 69-88.

GUM B., LANGE M., & GEIST J. 2011 – A critical reflection on the success of rearing and culturing juvenile freshwater mussels with a focus on the endangered freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera* L.). *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 21, pp. 743-751.

HASTIE L. & YOUNG M. 2003 – *Conservation of the freshwater pearl mussel I: Captive*

breeding techniques. Conserving Natura 2000 Rivers Conservation Techniques Series n°2, English Nature, Peterborough, 25 p.

HRUŠKA J. 1992 – The freshwater pearl mussel in South Bohemia: Evaluation of the effect of temperature on reproduction, growth and age structure of the population. *Archiv für Hydrobiologie*, 126(2), pp.181-191.

HRUŠKA J. 1999 – Nahrungsansprüche der Flussperlmuschel und deren halbnatürliche Aufzucht in der Tschechischen Republik. *Heldia*, 4(6), pp. 69-79.

LANGE M. & SELHEIM H. 2011 – Growing factors of juvenile freshwater pearl mussels and their characteristics in selected pearl mussel habitats in Saxony (Germany). *Ferrantia*, 64, pp. 30-37.

PRESTON S.J., KEYS A. & ROBERTS D. 2007 – Culturing freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera*: a breakthrough in the conservation of an endangered species. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 17, pp. 539-549.

SCHEDER C., GUMPINGER C. & CSAR D. 2011 – Application of a five-stage field key for the larval development of the freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera* Linné, 1758) under different temperature conditions – A tool

for the approximation of the optimum time for host fish infection in captive breeding. *Ferrantia*, 64, pp. 13-22.

SCHMIDT C. & VANDRÉ R. 2010 – Ten years of experience in the rearing of young freshwater pearl mussels (*Margaritifera margaritifera*). *Aquatic conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 20, pp. 735-747.

THOMAS G., TAYLOR J. & GARCIA DE LEANIZ C. 2010 – Captive breeding of the endangered freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera*. *Endangered species research*, 12, pp. 1-9.

WILLIAMS J., WARREN M., CUMMINGS K., HARRIS J. & NEVES R. 1993 – Conservation status of freshwater mussels of the United States and Canada. *Fisheries*, 18, pp. 6-22.

ZIUGANOV V., ZOTIN A., NEZLIN L. & TRETIAKOV V. 1994 – The Freshwater Pearl Mussels and their relationships with salmonid fish. In VNIRO Publishing House, Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Moscow.

Frankie THIELEN : natur & ëmwelt, Fondation Hëllef fir d'Natur, Heinerscheid, Luxembourg
f.thielen@naturemwelt.lu



Mise en place d'un protocole d'élevage pour les moules perlières du Massif armoricain

Pierrick DURY



P. Dury

Bretagne Vivante

Dans le cadre du programme LIFE+ « Conservation de la moule perlière d'eau douce du Massif armoricain » (ou LIFE+ « mulette »), six populations sont mises en élevage pour leur sauvegarde génétique et leur renforcement dans les différents cours d'eau. En Bretagne, trois cours d'eau sont concernés : l'Elez, le Loc'h et le Bonne Chère. En Basse-Normandie, il s'agit des populations du Sarthon, de l'Airou et de la Rouvre.

Un bâtiment spécialement conçu pour l'élevage des mulettes

La station d'élevage de mulettes perlières située sur la pisciculture du Favot à Brasparts, dans le centre du Finistère, est désormais entièrement opérationnelle [1]. Chaque pièce est exploitable, rendant le bâtiment parfaitement adapté aux exigences d'élevage de la moule perlière. Le local est spacieux et bien pensé, le travail y est d'autant plus efficace.

Le bâtiment, d'environ 300 m², est équipé d'une salle de réunion, d'un laboratoire (permettant d'effectuer les activités de contrôle des branchies, les tris des mulettes, les observations et les comptages sous loupe binoculaire, la préparation des rations...), de deux salles d'élevage de mulettes, d'une salle de production d'algues et d'une salle destinée à la mise en quarantaine des souches bas-normandes.

Les objectifs de production

Dans le cadre du programme LIFE+ « mulette », des objectifs théoriques de productions avaient été proposés. Le **tableau 1** indique le nombre de mulettes que nous serions censés avoir en 2016 à la station, dernière année du programme, et ce pour chaque souche. Ces objectifs prennent en compte les renforcements à hauteur de 10 % de la production chaque année.

Cohorte	Âge attendu	Nombre théorique
Cohorte 0+	0 - 1 an	36 000 - 72 000
Cohorte 1+	1 - 2 ans	16 200 - 32 400
Cohorte 2+	2 - 3 ans	7 290 - 14 580
Cohorte 3+	3 - 4 ans	3 280 - 6 560
Cohorte 4+	4 - 5 ans	1 475 - 2 950

[Tableau 1] Objectifs de production attendus pour chaque souche en 2016



H. Ronné

[1] Le bâtiment d'élevage de mulettes a été construit dans le cadre du programme LIFE+ « mulette »

Les objectifs théoriques annoncés dans le dossier de candidature LIFE+ « mulette » sont très élevés. Les rencontres avec les partenaires en Europe menant des actions similaires nous ont fait prendre conscience de la nécessité de gros besoins en main d'œuvre pour mener un élevage de ce type. Ces besoins avaient été sous-estimés dans notre cas. Avec les moyens disponibles, il a donc fallu s'adapter et imaginer des systèmes d'élevage efficaces et demandant peu d'entretien.

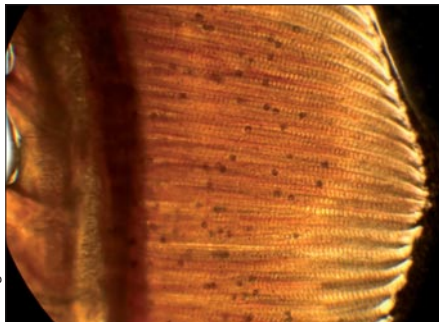
Vérification de la maturité et collecte des larves

Sur le terrain, les adultes sont surveillés par les techniciens de Bretagne Vivante – SEPNB pendant la saison de ponte. À l'aide d'une pince permettant d'entrouvrir légèrement les mulettes (nécessitant les autorisations adéquates), un contrôle des géniteurs est effectué afin de déterminer les individus maturants. Ces derniers sont alors suivis pendant plusieurs semaines jusqu'au jour où les glochidies atteignent leur dernier stade d'évolution. Les larves sont alors collectées au bord du cours d'eau avant d'être transportées à la station d'élevage, les adultes étant replacés dans la rivière après avoir été marqués.

Mises en contact à la station

Une fois à la station, chaque échantillon de glochidies est contrôlé afin de vérifier l'aptitude à l'enkystement. Pour cela, un grain de sel est déposé sur une goutte d'eau contenant des larves sous microscope. Si les larves se ferment instantanément, ces dernières sont alors viables et pourront permettre une infestation. La quantité totale de glochidies est estimée en effectuant le comptage de différents échantillons.

Pour la mise en contact, nous utilisons 1 poisson-hôte pour 1 000 glochidies. Les poissons (truite fario), préalablement mis à jeun, sont placés dans une cuve adaptée à la quantité de poissons en prenant garde de ne pas les stresser, afin d'éviter les hypersécrétions de mucus pouvant perturber l'infestation. Tout produit ou élément extérieur comme les gouttes de sueur est proscrit. Un brassage ainsi qu'un apport d'oxygène sont mis en place afin de conserver les larves en suspension et de maintenir le taux d'oxygène dissous, sachant qu'il n'y a pas de renouvellement d'eau pendant la manipulation. La mise en contact dure entre une demi-heure et une heure. Quelques poissons sont alors sacrifiés



[2] Contrôle du nombre de larves enkystées sur les branchies de truite fario

afin de contrôler le succès de l'infestation après le prélèvement de branchies [2].

Une fois la mise en contact effectuée, les poissons retournent dans les bassins de la pisciculture où ils seront maintenus dans les conditions traditionnelles d'élevage durant une dizaine de mois.

2012 : les premières récoltes

Suite aux collectes de larves en 2011, des millions de jeunes mulettes perlières ont été récoltées, notamment pour les souches du Bonne Chère, en 2012. Pour cette première année de récolte des jeunes mulettes, nous avons souhaité organiser un tri minutieux mobilisant de nombreux bénévoles. Malheureusement, par la suite, le choix du système d'élevage s'est avéré catastrophique. En effet, les jeunes mulettes perlières ont été placées entre deux tamis d'artémias avec une maille de 150 µm. Ces systèmes étaient eux-mêmes placés dans des armoires californiennes, utilisées initialement pour l'éclosion des jeunes salmonidés [3]. Dès les premiers jours, la quasi-totalité des mulettes perlières étaient mortes, les mailles trop fines se bouchant, empêchant ainsi la libre circulation de l'eau du système d'élevage.

Adaptation du mode d'élevage

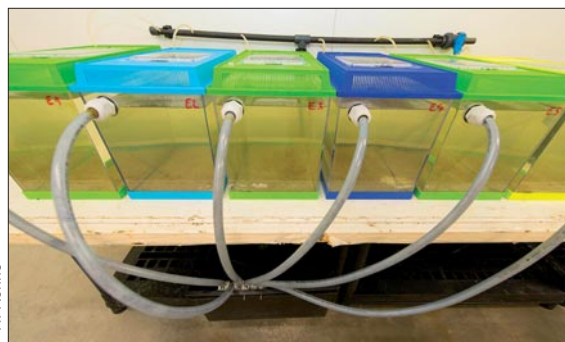
Toujours en 2012, devant l'échec de ces premières récoltes, nous avons pris la décision de changer radicalement le mode d'élevage des nouvelles collectes de jeunes mulettes perlières. Les mulettes



[3] Tamis artémia placé dans un tiroir d'une armoire californienne

perlières de l'Elez, du Bonne Chère et du Loc'h ont alors été élevées en aquariums sur les conseils de Frankie Thielen (Luxembourg). Ces aquariums ont été branchés en série avec un bac collecteur dans lequel une pompe a été installée pour faire circuler l'eau en circuit fermé dans les différents bacs [4].

D'une capacité de 20 L, chaque aquarium contient un lit de sable (calibré et stérilisé) de 2 cm d'épaisseur. Environ 1 000 mulettes y sont placées et sont nourries chaque jour avec un mélange de « Shellfish diet 1 800 »¹ et de « Nanno 3 600 »² qui sont des pâtes d'algues vendues dans le



[4] Aquariums installés pour la mise en élevage des jeunes mulettes

1 - « Shellfish diet 1 800 » : solution de micro-algues d'une concentration de 2 milliards de cellules/mL (taille 5-20 µm) composée de *Isochrysis* 40 %, *Pavlova* 15 %, *Tetraselmis* 25 % et *Thalassiosira weissflogii* 20 %.

2 - « Nanno 3 600 » : solution de micro-algues d'une concentration de 750 millions de cellules/mL (taille 1-2 µm) composée de *Nannochloropsis* sp.

commerce. Une concentration d'environ 30 000 cellules/mL est recherchée : 2 gouttes pour 20 L de « Shellfish diet 1 800 » et 175 µL pour 20 L de « Nano 3 600 ».

L'eau d'élevage est préalablement filtrée à 36 µm puis décantée et mise à température. Chaque semaine, 80 % de l'eau du système d'élevage est renouvelée après brassage et siphonnage des aquariums. Les paramètres physico-chimiques

sont surveillés régulièrement, en particulier la température, l'oxygène dissous et les nitrites.

Ce système, bien qu'efficace, n'était pas optimal. En effet, les objectifs de production ne pouvaient pas être atteints car une trop grande quantité d'aquariums auraient été nécessaires et leur maintenance n'aurait pas été possible, par manque de main d'œuvre. Il faut également préciser que ces volumes sont trop faibles pour que les paramètres physico-chimiques se stabilisent.

2013-2014 : un nouveau système d'élevage

Grâce à l'expérience acquise avec les aquariums, un nouveau système, sur le même principe, a été mis en place à grande échelle. Des auges habituellement utilisées pour l'élevage de salmonidés ont été recyclées pour la mise en culture des mulettes perlières [5][6][7].

Ces systèmes, d'une capacité de 100 à 200 L, ont été modifiés afin de créer des circuits fermés qui reproduisent « un mini cours d'eau artificiel ». Une grille fine a été placée sur l'extrémité de l'auge afin de retenir le lit de sable de 2-3 cm d'épaisseur. Une pompe d'aquarium est placée derrière cette grille afin de permettre une circulation permanente de l'eau. Un apport de nourriture journalier est réalisé (1 mL de « Shellfish diet 1 800 » et 1 mL de « Nanno 3 600 »). Après divers essais de concentrations, il semblerait que le nombre de 5 000 à 10 000 mulettes soit optimal pour la première année d'élevage. La maintenance du système est identique aux aquariums utilisés l'année précédente mais une bien plus grande capacité de stockage est alors permise [8].



Bretagne Vivante - SEPNEB



H. Rommé

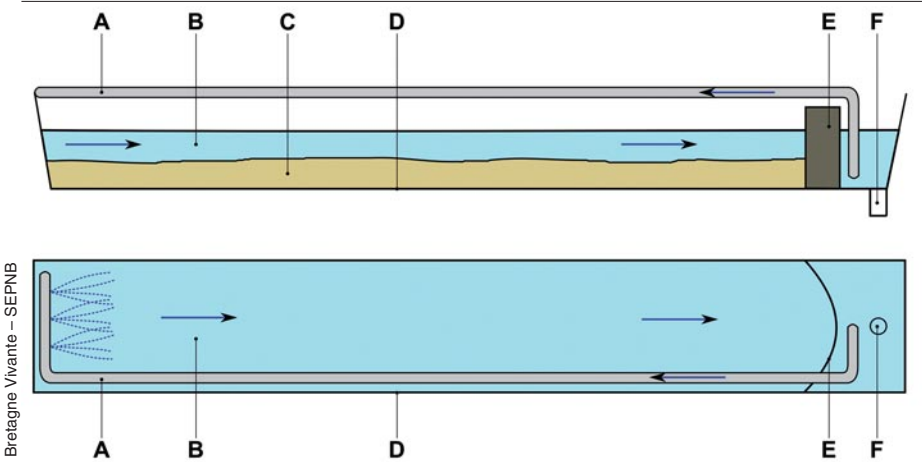


H. Rommé

- [5] Auges d'élevage mises en place
- [6] Jeunes mulettes de 1 an placées dans les auges d'élevage
- [7] Jeunes mulettes de 1 an affleurant à la surface du substrat dans les auges d'élevage

2014 : les résultats

Plusieurs dizaines de milliers de mulettes ont déjà pu être élevées dans la station d'élevage de Brasparts. Les souches bretonnes sont élevées depuis 2012, 3 cohortes se trouvant aujourd'hui à la station. En 2011, la mise en quarantaine imposée par les services vétérinaires concernant les souches bas-normandes a empêché la collecte de glochidies des cours d'eau concernés (et donc la collecte des jeunes mulettes perlières en 2012). En 2012, la montée des niveaux d'eau en région Basse-Normandie ayant empêché la poursuite des suivis de gravidité, la collecte des larves a été



Bretagne Vivante – SEFPNB

[8] Schéma du fonctionnement des auge d'élevage, vue de côté et de dessus. A : tuyau de retour de l'eau alimenté par une pompe ; B : eau filtrée à 36 µm ; C : sédiment d'aquariophilie ; D : auge en plastique ; E : grille contenant le sable d'un côté ; F : système de purge de l'auge

compromise (ainsi que la collecte des jeunes mulettes perlières en 2013). C'est seulement en 2013 que nous avons pu récolter, pour la première fois, les larves de l'Airou et du Sarthon et, en 2014, la totalité des larves des populations bas-normandes. Nous aurons donc, en 2015, la totalité des souches bas-normandes en élevage [tableau 2].

À la récolte, nous conservons désormais 10 000 jeunes mulettes perlières au maximum pour chaque population, avec l'espoir de taux de survie importants nous permettant d'atteindre les objectifs théoriques pour les cohortes les plus âgées. Ce sont donc 60 000 jeunes mulettes au maximum qui sont théoriquement mises en élevage chaque année. Ces résultats sont dépendants du nombre de mulettes collectées.

Une quarantaine de 60 jours

Les cours d'eau de Bretagne sont considérés comme « indemnes » face aux maladies réputées légalement contagieuses, notamment la septicémie hémorragique

virale (SHV) et la nécrose hématopoïétique infectieuse (NHI). Les cours d'eau de Basse-Normandie sont considérés comme « non indemnes » vis-à-vis de ces maladies. Des larves de mulettes et un peu d'eau des cours d'eau bas-normands sont transportées pour les objectifs de notre programme. Afin de ne pas mettre en péril le statut sanitaire des animaux aquatiques du bassin versant, conformément à la Directive 2006/88/CE, la Direction départementale de la protection des populations (DDPP) du Finistère a demandé la mise en place d'une quarantaine [9]. Cette opération, non prévue, a engendré un surcoût considérable dans la construction du bâtiment.

Concrètement, la mise en place de cette quarantaine implique le respect d'un cahier des charges strict. Durant cette période, la totalité des effluents d'élevage doit être traitée à l'ozone. Afin de lever la quarantaine, des analyses virologiques et sérologiques sont réalisées sur des truites sentinelles (truites arc-en-ciel présentes dans les bassins) 15 jours avant la fin de la quarantaine afin de certifier l'absence de ces maladies.

Cohorte	Elez	Bonne Chère	Loc'h	Airou	Rouvre	Sarthon
Cohorte 0+ (0 - 1 an) - 2015	10 000	10 000	0	2 000	15 000	5 000
Cohorte 1+ (1 - 2 ans) - 2014	5 000	10 000	(2 000)	(3 000)	0	(7 000)
Cohorte 2+ (2 - 3 ans) - 2013	2 500	2 500	2 400	0	0	0
Cohorte 3+ (3 - 4 ans) - 2012	1 210	5	30	0	0	0

[Tableau 2] Jeunes mulettes élevées à la station en juin 2015. Les données entre parenthèses sont provisoires et restent à confirmer.



H. Romné

[9] Le système de traitement des effluents (ozoneur et filtre ultra-violet)

Avec plus de 58 000 mulettes, cette station remplit entièrement son rôle de conservatoire des principales souches de mulettes du Massif armoricain. Le succès de sa sauvegarde à long terme passe maintenant par le succès des opérations de renforcement dans les rivières. Retrouvons nos manches et attelons-nous maintenant à retrouver des cours d'eau de qualité ! ■

Pierrick DURY : Fédération de pêche et de protection du milieu aquatique du Finistère, Quimper, France
salmofede29@wanadoo.fr



Bretagne Vivante

Jeunes mulettes de 3 ans



Influence de la période d'exkystement sur le succès de l'élevage des jeunes mulettes perlières d'eau douce

Tanja EYBE, Frankie THIELEN,
Torsten BOHN & Bernd SURES



T. Eybe

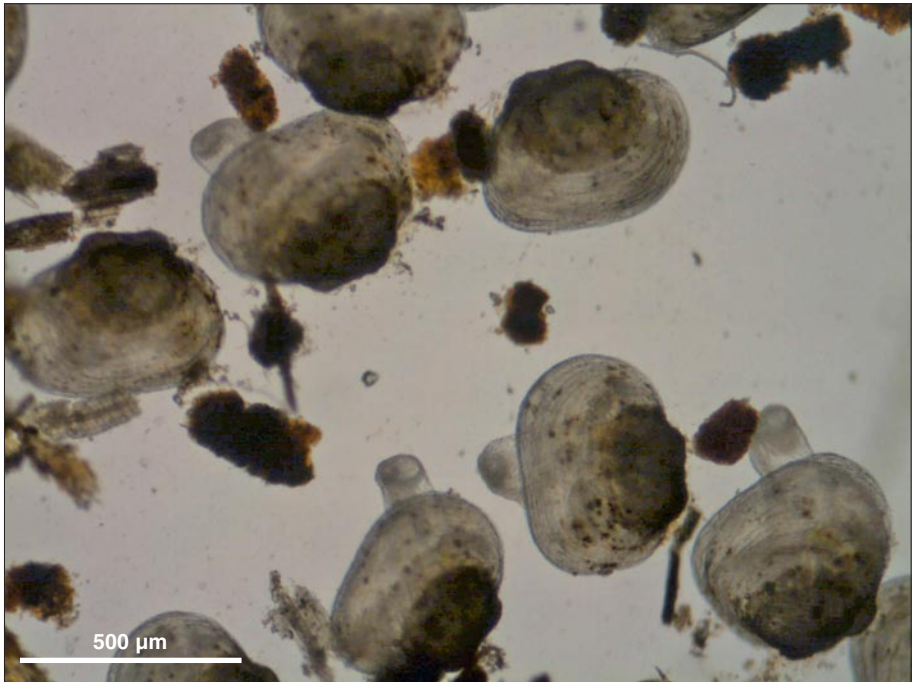
F. Thielen

L'élevage en captivité et le relâcher consécutif de la mulette perlière d'eau douce (*Margaritifera margaritifera* L.), espèce en voie de disparition, sont des moyens permettant d'augmenter ses chances de survie dans les différents cours d'eau. En raison de l'aspect chronophage des méthodes d'élevage, il est important de choisir les mulettes perlières les plus résistantes et les plus saines pour obtenir, dans un court laps de temps, un grand nombre d'individus robustes et à croissance rapide.

Une méthode qui permet d'élever un grand nombre de mulettes consiste à collecter les jeunes en début d'année, en augmentant artificiellement la température des aquariums contenant des poissons-hôtes, porteurs de larves. Cette augmentation artificielle de température induit l'exkystement (le décrochage) des jeunes mulettes perlières. En utilisant cette méthode, il est possible d'avoir plusieurs périodes successives d'exkystement dans la même année et, ainsi, d'augmenter le nombre total de jeunes mulettes perlières collectées. Toutefois, il n'existe pas de données disponibles concernant le succès de l'élevage de ces jeunes mulettes perlières collectées artificiellement.

Dans cette étude, deux méthodes d'exkystement (une artificielle en janvier et une naturelle en mai) ont été analysées. La croissance et la survie des jeunes mulettes perlières ont été comparées afin de déterminer si l'exkystement artificiel pouvait nuire au succès de l'élevage des jeunes mulettes perlières. De plus, la croissance et la survie des mulettes perlières ont été observées en fonction de la période d'exkystement, avec les deux méthodes.

Un exkystement ayant lieu tôt dans l'année, en janvier, n'a pas d'influence sur la croissance ou la survie des jeunes mulettes perlières et les individus collectés au milieu de cette période sont parmi les plus résistants à l'élevage en captivité. Il a été observé une croissance allant jusqu'à 1 mm, ou plus, sur une période de 110 jours, et un taux de survie de 62 à 98 %. Le taux de survie des mulettes perlières du cycle d'exkystement naturel était plus faible que celui du cycle d'exkystement artificiel (7 à 38 %), probablement en raison de la dégradation de la qualité de l'eau de la rivière. Ainsi, un cycle d'exkystement précoce peut être un avantage si les conditions de l'eau de la rivière se dégradent au printemps et en été (par exemple, à cause des pesticides, des concentrations élevées en nitrite ou en ammonium). Dans ce cas, les jeunes mulettes perlières qui viennent de se décrocher peuvent grandir et être plus résistantes au moment où les engrais et les pesticides commencent à être utilisés dans le bassin versant de la rivière. ■



T. Eybe

Bibliographie

Ce résumé est tiré de l'article suivant :

EYBE T., THIELEN F., BOHN T. & SURES B. 2015 – Influence of the excystment time on the breeding success of juvenile freshwater pearl mussels (*Margaritifera margaritifera*). *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, pp. 21-30, DOI: 10.1002/aqc.2471.

Tanja EYBE & Frankie THIELEN : natur & umwelt, Fondation Hëllef fir d'Natur, Heinerscheid, Luxembourg
tanja.eybe@gmx.de
f.thielen@luxnatur.lu

Torsten BOHN : CRP-Gabriel Lippmann, Luxembourg
bohn@lippmann.lu

Bernd SURES : Université de Duisbourg et Essen, Département de Zoologie appliquée et Hydrobiologie, Allemagne
bernd.sures@uni-due.de



Conservation de la mulette perlière d'eau douce en Autriche : un système d'élevage contrôlé en progrès

Daniela GSTÖTTENMAYR, Christian SCHEDER
& Clemens GUMPINGER



M. Huemer

D. Gstöttenmayr

Depuis 2011, la très menacée moule perlière d'eau douce (*Margaritifera margaritifera* L.) est au centre du projet de conservation des espèces autrichiennes « Vision Flussperlmuschel ». Ce projet vise à rétablir des populations reproductrices en bonne santé de deux lignées particulières de moules perlières émanant des systèmes hydrographiques Aist et Naarn de la Haute-Autriche. La stratégie initiale repose sur la réussite annuelle de la reproduction et sur des taux de survie élevés des jeunes moules perlières dans des conditions contrôlées.



C. Scheder



C. Scheder

C. Gumpinger

En 2011, dans le cadre d'un projet préliminaire, la mise en contact du poisson-hôte a été réalisée dans un milieu aquatique semi-naturel, un bief, naturellement colonisé par une population de moule perlière d'eau douce. Les années suivantes, ce processus a été effectué dans un « canal » artificiel et un bassin à poissons. Dans les deux installations, le processus de mise en contact a eu lieu sans intervention humaine, afin d'éviter le stress, tant pour les moules perlières que pour les truites farios dans cette phase critique de la reproduction. L'été suivant, après transformation des glochidies en jeunes moules perlières, celles-ci sont collectées puis élevées in vitro dans des chambres climatiques. Elles y sont conservées jusqu'à ce qu'elles

atteignent une taille suffisante pour être transférées dans des boîtes Buddensiek dans différents cours d'eau. En 2014, de nouveaux canaux pour les jeunes moules perlières ont été installés, ce qui constitue une innovation expérimentale majeure. Le processus complet sera lancé lors du cycle de reproduction en 2015.

En 2011, lors de la première année d'élevage, 658 jeunes moules perlières d'eau douce ont été récoltées, puis 1 156 en 2012, 19 295 en 2013 et 40 239 en 2014. Par opposition au nombre élevé d'individus récoltés, les taux de survie sont faibles au cours des premiers mois, réduisant ainsi fortement le nombre de moules par cohorte.

Introduction

La mulette perlière (*Margaritifera margaritifera* L.) représente l'une des espèces d'unionidés les plus menacées en Europe. Elle est listée sur les Annexes II et V de la Directive européenne Habitats (Conseil de l'Union européenne, 2006) et l'Annexe III de la Convention de Berne. Comme dans le reste de sa zone de répartition naturelle, les populations de mulette perlière autrichienne ont diminué au cours du siècle dernier en réponse à la pression des exploitations forestières et à l'agriculture intensive. D'autres impacts anthropiques négatifs, comme la dégradation du lit du cours d'eau, la perte des zones inondables naturelles (« lateral connectivity »), ou encore les problèmes liés aux centrales hydroélectriques, constituent des menaces croissantes sur les populations de mulettes perlières restantes (Hastie *et al.*, 2003).

La mulette perlière d'eau douce survit encore en Haute et Basse-Autriche. En 2012, le Département de la conservation de la nature du gouvernement de Haute-Autriche a lancé un projet de conservation de l'espèce à long terme pour protéger les populations de mulettes perlières d'eau douce autrichiennes restantes et restaurer de nouveaux habitats dans les cours d'eau déjà connus pour leurs conditions d'accueil favorables. Dans le cadre de ce projet, un système d'élevage en captivité a été mis en place pour soutenir les populations de mulettes perlières autochtones avec un apport externe continu d'individus. En conséquence, cette stratégie d'élevage met l'accent sur la réussite annuelle élevée de la reproduction. Le projet s'appuie sur deux stratégies principales :

1. élevage en captivité, budgétisé avec environ un tiers du temps et des coûts alloués à l'ensemble du projet ;
2. restauration du bassin versant, budgétisé avec deux tiers des efforts du projet.

Le texte qui suit se concentre sur la partie du projet dédié à l'élevage en captivité.

Matériel et méthodes

Mise en contact du poisson-hôte et récolte de mulettes perlières

1) Le projet préliminaire

L'étude préliminaire a été réalisée dans le bief Gießenbach, un plan d'eau semi-naturel, habité par 220 mulettes. Le cours

d'eau du Gießenbach se situe en Haute-Autriche et se déverse dans le Danube. Le bief se sépare en deux tronçons qui sont liés entre eux : un tronçon semi-naturel long de 400 m, occupé par la population de mulettes perlières, et une section renforcée par du béton, directement adjacente et longue de 20 m et qui achemine l'eau via l'ancien moulin. Ces deux sections sont séparées par un barrage de 3,5 m de hauteur, anciennement utilisé comme déversoir. En août 2010, 255 truites brunes (*Salmo trutta fario*) d'un an ont été retenues dans la partie bétonnée à l'aide de barres transversales métalliques. Lorsque les mulettes perlières adultes du bief en amont ont relâché leurs glochidies, la mise en contact avec les poissons-hôtes a eu lieu naturellement, sans intervention humaine, en passant par la section respective de chaque cours d'eau. Les truites ont été conservées dans la partie bétonnée durant tout l'hiver. Au cours du printemps suivant, les 25 poissons qui possédaient le taux d'infestation le plus élevé ont été transférés dans un réservoir d'eau de 2 000 L à fond conique avec un trou en son centre. Un raccordement à un tonneau de 250 L a été effectué à travers ce trou et l'eau était pompée dans un circuit entre ces deux récipients. Tout en s'écoulant du réservoir à poissons vers le tonneau, l'eau était tamisée (maille de 100 µm), pour recueillir les jeunes mulettes perlières. Ce tamis était contrôlé quotidiennement et les contenus étaient apportés aux laboratoires spécialisés de Wels, en Haute-Autriche (Scheder *et al.*, 2014).

2) Le projet « Vision Flussperlmuschel »

Une des premières étapes du projet était la construction d'une installation d'élevage en 2011. Deux systèmes d'élevage, sous forme de canaux d'élevage, ont été installés dans un conteneur, sur l'affluent de la rivière Aist. Chaque souche de mulettes perlières, à savoir les mulettes perlières de l'Aist et de la Naarn, possèdent leur propre système d'élevage. Chaque canal (constamment alimenté en eau douce de la rivière) se compose d'un bassin à mulettes perlières directement relié à un bassin à poissons. Les bassins à mulettes perlières, organisés de manière à rappeler les lits de cours d'eau naturel, mesurent environ 3,5 m de long et 0,54 m de large et offrent un habitat artificiel pour 50 mulettes perlières par souche. Quant aux bassins à poissons, ils mesurent 1,45 m de long sur 0,63 m de large. Environ 150 truites fario sont conservées par bassin pour chaque cycle de mise en contact. Chaque été, entre juillet et août, les jeunes truites de l'année sont placées dans les

bassins à poissons avant d'entamer une période d'acclimatation. Grâce à l'écoulement constant de l'eau, la mise en contact et le décrochage des glochidies se font, encore une fois, sans aucune intervention humaine. Après un contrôle de la mise en contact, les poissons sont maintenus pendant l'hiver dans des cages spéciales dans un bassin à poisson à proximité. Au printemps suivant, au mois de mai, les poissons sont transférés dans des bassins cylindriques à fond conique, à travers lesquels l'eau est pompée dans un circuit fermé. Comme dans le projet préliminaire, cette eau est acheminée à travers un tamis à mailles fines qui permet à l'équipe de recueillir les jeunes mulettes perlières décrochées (Gumpinger *et al.*, 2013).

Travail de laboratoire : élevage des mulettes en chambres climatiques

Les contenus des tamis sont examinés après chaque récolte pour rechercher les mulettes perlières libérées (Thomas *et al.*, 2010). Les juvéniles sont transférées dans des boîtes plastiques avec 250 mL d'eau prélevée dans l'Aist et enrichie d'un mélange d'algues (Shellfish Diet 1800™ et Nanno 2600™), ainsi que de 12,5 mL de détritrus [NDLR : provenant de zones humides à proximité du cours d'eau] (Eybe & Thielen, 2010). Le mélange de détritrus dans l'eau est renouvelé chaque semaine avec un comptage parallèle des mulettes perlières et le retrait des individus morts. Les boîtes plastiques sont stockées à 18 °C dans des chambres climatiques jusqu'à ce que les mulettes perlières soient suffisamment grosses (> 1 mm) pour être transférées dans des cages spéciales sur le terrain (Buddensiek, 1995 ; Scheder *et al.*, 2014).

Dans la première année de la phase II du projet, de nouveaux canaux pour les jeunes mulettes perlières, basés sur le système de Dury (Dury *et al.*, 2013), ont été installés puis testés. Ces canaux de 2,16 m de long et 0,43 m de large contiennent environ 90 L d'eau et une couche de substrat sablonneux de 2 cm d'épaisseur. L'eau de ces canaux, qui est pompée dans un circuit fermé et qui provient du système de la rivière de l'Aist, est changée une fois par semaine. À l'avenir, les jeunes mulettes perlières seront transférées dans ces canaux directement après la récolte. En outre, de nouvelles cages en bois, basées sur le système d'Elender (F. Elender, comm. pers.) et des silos à mulettes perlières similaires aux structures de Barnhart (Barnhart *et al.*, 2007) sont créés. L'été suivant, les jeunes mulettes perlières

fraîchement décrochées seront transférées dans ces nouveaux systèmes qui seront immédiatement placés dans les deux cours d'eau mentionnés.

Travail sur le terrain : élevage des mulettes perlières dans les rivières

Les jeunes mulettes perlières qui ont survécu à la période critique des chambres climatiques sont transférées dans des boîtes Buddensiek légèrement modifiées (Scheder *et al.*, 2014 ; Buddensiek, 1995), puis exposées dans les habitats naturels. Ces cours d'eau, officiellement reconnus comme répondant aux exigences de la mulette perlière, appartiennent aux rivières de l'Aist et de la Naarn. Les boîtes Buddensiek sont contrôlées deux fois par an.

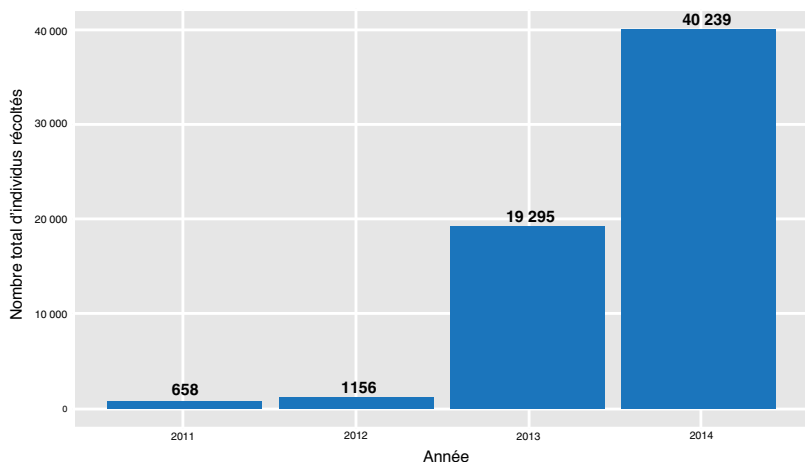
Résultats

Lors de l'étude préliminaire, en juin 2011, 658 jeunes mulettes perlières ont été récoltées, puis 1 156 durant la première année du projet, de mai à juillet 2012. En 2013, 19 295 spécimens ont été recensés et 40 239 en 2014 [1]. En 2012, toutes les mulettes perlières élevées provenaient de la souche de la Naarn alors que tous les juvéniles de 2013 descendaient eux, de la souche de l'Aist (reproduction infructueuse de la souche de l'Aist en 2012 et de celle de la Naarn en 2013). Cependant, en 2014, la reproduction a pu avoir lieu pour les deux souches, sans différence notable dans le « succès de la récolte » (18 982 juvéniles pour l'Aist contre 21 257 pour la Naarn).

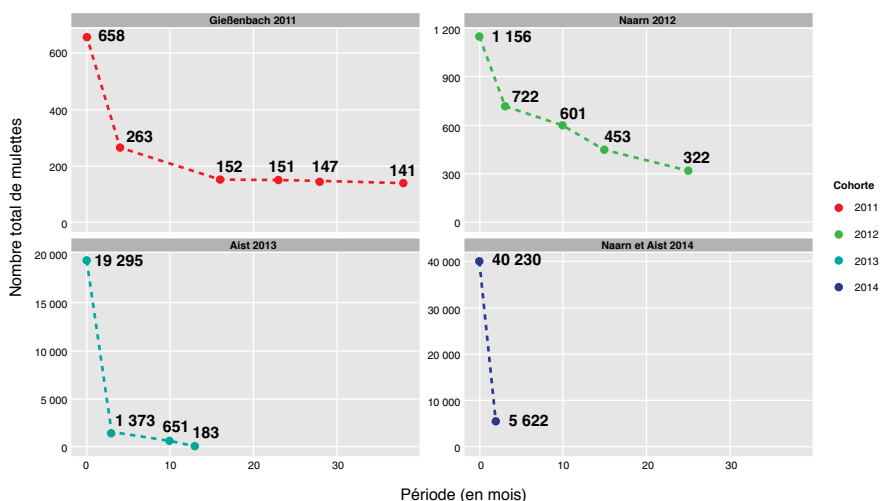
Le taux de survie au cours du premier été a été identifié comme facteur déterminant pour la réussite de la reproduction annuelle. Le taux de survie des juvéniles des cohortes particulières était jusqu'à octobre de 39,97 % en 2011, 62,46 % en 2012, et 7,12 % en 2013. En 2014, 13,97 % des mulettes perlières récoltées ont survécu jusqu'en septembre. Après ce goulot d'étranglement dans le système d'élevage, le nombre de mulettes perlières des cohortes en question tend à se stabiliser. Entre octobre 2013 et août 2014, les taux de survie des cohortes 2011, 2012 et 2013 étaient respectivement de 95,92 %, 71,08 % et 13,33 % [2].

Discussion

La comparaison du « succès de la récolte » des années consécutives indique que le travail concernant les premières étapes du



[1] Nombre total de moules perlières d'eau douce récoltées par an



[2] Nombre de moules perlières d'eau douce juvéniles par mois et par cohorte

processus d'élevage n'a pas cessé de s'améliorer. Notamment, les 40 239 juvéniles regroupées en 2014 représentent l'avancée majeure de la méthode d'élevage de moules perlières depuis 2011. Si le nombre de moules perlières récoltées augmente chaque année, ce n'est pas le cas du nombre de survivants au premier été. En effet, les deux dernières années du projet, les taux de mortalité des populations juvéniles dans leurs premiers mois, après métamorphose, étaient très élevés (92,88 % en 2013 et 86,03 % en 2014). En outre, les résultats indiquent que les taux de mortalité diminuent après la première année, surtout

dans la cohorte de 2011. Les résultats soulignent la nécessité d'améliorer les méthodes de la deuxième étape de l'élevage. Pour une meilleure réussite annuelle de la reproduction, le taux de mortalité des jeunes moules perlières dans leurs premiers mois doit être réduit. ■

Bibliographie

BARNHART M.C., FOBIAN T.B., WHITES D.W. & INGERSOLL C.G. 2007 – *Mussel silos: Bernoulli flow devices for caging juvenile mussels in rivers*. 5^e congrès de la Freshwater

Mollusc Conservation Society, Little Rock, Arkansas, États-Unis d'Amérique.

BUDDENSIEK V. 1995 – The culture of juvenile freshwater pearl mussels (*Margaritifera margaritifera* L.) in cages: a contribution to conservation programmes and the knowledge of habitat requirements. *Biological Conservation*, 74, pp. 33-40.

COUNCIL OF THE EUROPEAN UNION. 2006 – Directive 92/43/CEE du Conseil du 21 mai 1992 concernant la conservation des habitats naturels ainsi que de la faune et de la flore sauvages.

DURY P., PASCO P.-Y. & CAPOULADE M. 2013 – *Rearing and reinforcing Freshwater Pearl Mussel of the Armorican Massif. Programme LIFE+ NAT FR 000583 / 1st September 2010 - 31st August 2016*. Colloque international « Improving the environment for the freshwater pearl mussel », Kefermarkt, Autriche.

EYBE T. & THIELEN F. 2010 – *Mussel Rearing Station. Technical Report of Action A1/D1/F3*. Projet LIFE Nature « Restauration des populations de moules perlières en Ardennes », Fondation Hëllef fir d'Natur, 22 p.

GUMPINGER C., SCHEDER C., LERCHEGGER B. & GUTTMANN S. 2013 – *From captive breeding to catchment management – the Austrian freshwater pearl mussel project approach*. Colloque international « Improving the environment for the freshwater pearl mussel », Kefermarkt, Autriche.

HASTIE L.C., COOKSLEY S., SCUGALL F., YOUNG M.R., BOON P. & GAYWOOD M. 2003 – Characterization of freshwater pearl

mussel (*Margaritifera margaritifera*) riverine habitat using river habitat survey data. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 13, pp. 213-224.

SCHEDER C., LERCHEGGER B., JUNG M., CSAR D. & GUMPINGER C. 2014 – Practical experience in the rearing of freshwater pearl mussels (*Margaritifera margaritifera*): advantages of a worksaving infection approach, survival, and growth of early life stages. *Hydrobiologia*, 735, pp. 203-212.

THOMAS G.R., TAYLOR J. & GARZIA DE LEANIZ C. 2010 – Captive breeding of the endangered freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*). *Endangered Species Research*, 12, pp.1-9.

Remerciements :

Les auteurs tiennent à remercier le Cabinet du gouvernement de l'État de Haute-Autriche, le service de protection de l'environnement, le conseiller environnemental Dr. Manfred Haimbuchner, et l'Union européenne pour le financement du projet. Un remerciement particulier à Roman et Elfriede Hintersteiner, les propriétaires du bief Gießbach pour leur soutien au projet.

Daniela GSTÖTTENMAYR, Christian SCHEDER & Clemens GUMPINGER :
blatfisch, ingénierie en écologie aquatique,
Autriche
gstoettenmayr@blatfisch.at

Session 3

Suivi des populations – Écotoxicologie

- ▶ **Étude de la dynamique de population de la mulette perlière sur la Vienne par des modèles d'abondance à mélange N-mixture**

Cyril LABORDE, David NAUDON, Cloé MARCILLAUD & Aurélien BESNARD

- ▶ **Accumulation de métaux trace et biodisponibilité dans le bassin de l'Ulla (nord-ouest de l'Espagne) : évaluation des effets potentiels sur la mulette perlière**

Juan ANTELO, Manuel SUÁREZ-ABELENDIA, Cristina PASTORIZA, Jesús BARRAL, Paz ONDINA, Adolfo OUTEIRO, Sabela LOIS & Juan Manuel ANTELO

- ▶ **Étude écotoxicologique de la sensibilité aux contaminants métalliques de la mulette perlière en Dronne amont, Dordogne**

Magalie BAUDRIMONT, Patrice GONZALEZ, Alexia LEGEAY, Nathalie MESMER-DUDONS, Éric GOURSOLLE, Julie CHEVALIER, Bénédicte PÉCASSOU & Romain PAPIN-VINCENT

- ▶ **Influence du climat et de l'environnement sur la croissance coquillière de la mulette perlière en Bretagne**

Julien THÉBAULT, Clémence ROYER, Aurélie JOLIVET, Pierre-Yves PASCO, Marie CAPOULADE, Philippe MASQUELIER & Laurent CHAUVAUD



Étude de la dynamique de population de la mulette perlière sur la Vienne par des modèles d'abondance à mélange N-mixture

Cyril LABORDE, David NAUDON, Cloé MARCILLAUD & Aurélien BESNARD



C. Laborde

Le Limousin est le contrefort ouest du Massif Central. Ce massif granitique est caractérisé par la présence d'un réseau hydrographique très dense. Ce territoire favorable à la mulette perlière (*Margaritifera margaritifera*) présente au moins 46 rivières occupées par l'espèce. Mais cette dernière est largement méconnue, car moins de 1 % du linéaire favorable à l'espèce (ONEMA, 2009) a été prospecté (Naudon, 2015).



D. Naudon



C. Marcillaud



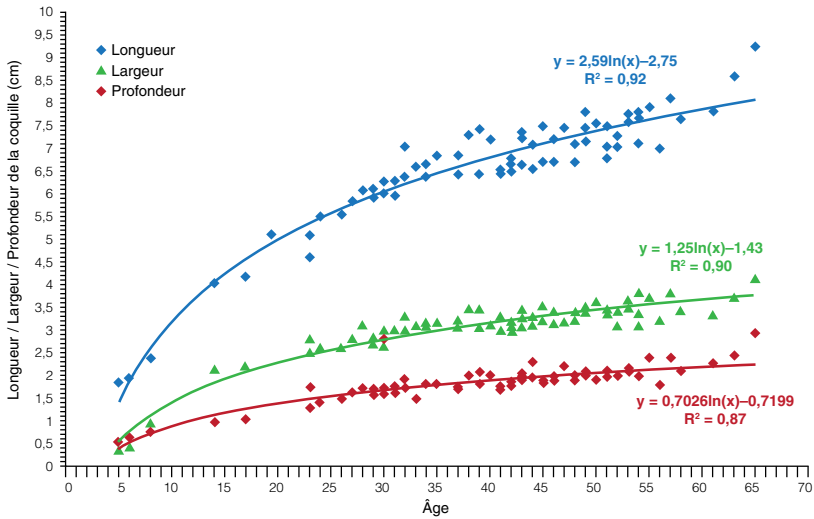
A. Besnard

Une étude récente (Laborde, 2011) avait mis en évidence un secteur de 15 km (entre Nedde et Tarnac) où nous avons recensé 746 individus sur 2,44 km. La plus jeune mulette observée mesure 1,8 cm [1], la proportion de juvéniles (< 6 cm) est de 43 %, et la reproduction est avérée (présence régulière de glochidies sur les truites fario). Cette population apparaît comme un « hotspot » du bassin de la Vienne et est en relativement bon état de conservation du point de vue démographique [2].

En 2013, une étude génétique a été menée (Kuehn & Geist, 2014). D'après Geist, la population de la Vienne présente « une très grande variabilité génétique et une faible influence de la dérive génétique



[1] Cliché d'un juvénile de mulette perlière de 1,8 cm observé à Nedde



[2] Courbe de croissance de la moule perlière dans la haute vallée de la Vienne

[...]. La qualité du substrat [...] correspond à la qualité observée dans les populations fonctionnelles, [...] cette population mérite une haute priorité de conservation » [3].

Afin de suivre la dynamique de population, un suivi par comptages répétés a été engagé en 2014 sur un échantillonnage aléatoire systématique de tronçons de rivières entre Nedde et Tarnac qui prend en compte la détectabilité de l'espèce [4]. Ces travaux ont été réalisés sous couvert d'une autorisation préfectorale.

Matériel et méthodes

Les modèles d'abondance à mélange

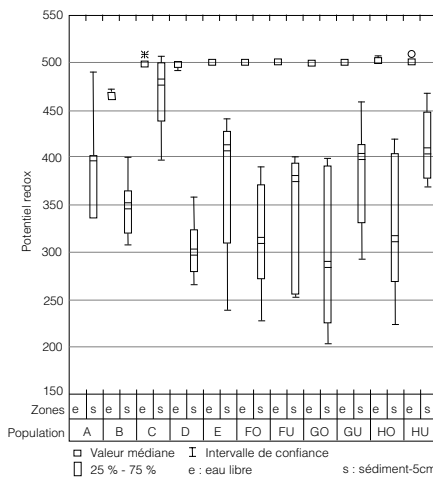
Les modèles d'abondance à mélange ou N-Mixture (Royle, 2004) reposent sur un échantillonnage aléatoire et un comptage répété sur plusieurs sites. Ce modèle implique que les abondances locales suivent une loi de Poisson et que la répartition et le comptage des individus soient indépendants du temps. Il permet d'obtenir une estimation de l'abondance moyenne par site, du taux d'occupation des sites, et la probabilité de détection des individus. La méthode permet d'observer l'évolution démographique de cette population à chaque répétition du suivi (mortalité, natalité, colonisation, extinction...).

Les hypothèses d'utilisation de cette méthode sont :

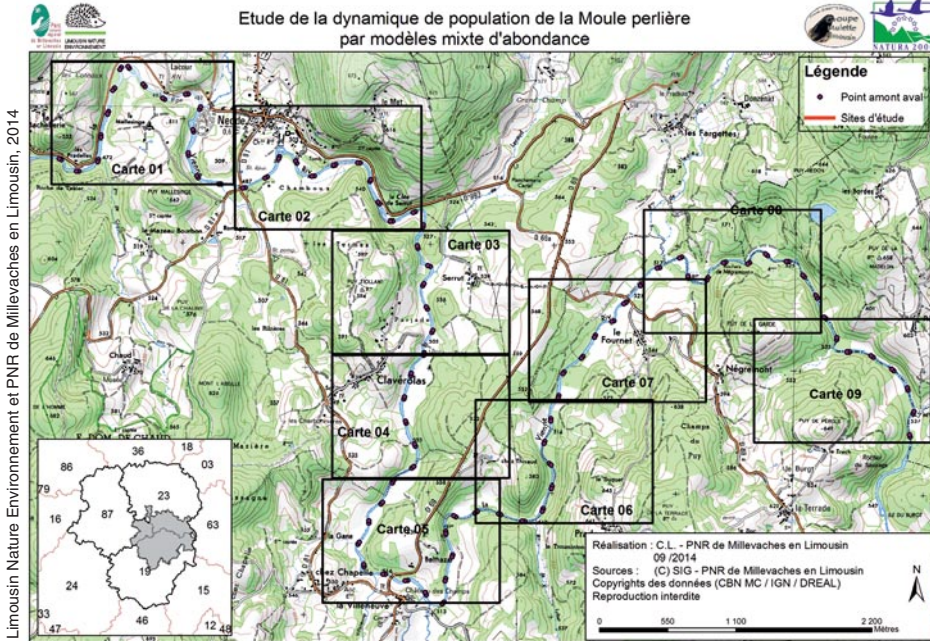
- La population est fermée au cours de chaque année d'étude.
- Les détections, au sein de chaque site, sont constantes et indépendantes entre les visites. Des variations peuvent être modélisées à l'aide de co-variables.
- Le facteur d'intégration K doit être défini (limite haute de l'abondance par site).

Le protocole mis en œuvre

84 sites d'étude ont été sélectionnés par un tirage aléatoire systématique en prenant un tronçon de 20 m linéaires (par 20 m de large) tous les 200 m, sur un linéaire de 15 km (la zone d'étude). Une



[3] « Boîte à moustache » du potentiel redox dans l'eau libre et à 5 cm de profondeur dans le substrat des populations de *Margaritifera margaritifera* de la région Limousin (France). Le site « C » est la Vienne à Nedde (Kuehn & Geist, 2014).



Limousin Nature Environnement et PNR de Millevalches en Limousin, 2014

[4] Zone d'étude et échantillonnage aléatoire systématique

prospection du fond de la rivière est réalisée au bathyscope sur chaque site en 30 minutes et à 3 reprises [5].

Il s'agit de faire 4 allers-retours dans la rivière en couvrant toute la surface et de noter l'abondance observée (mortes et vivantes). Chaque tronçon est localisé au GPS et est marqué à la peinture. L'hydromorphologie du cours d'eau et de ses abords est également relevée.

faire, les analyses ont été reproduites dans le cadre bayésien pour améliorer la fiabilité des résultats et ce, au regard de la variabilité de l'abondance, imputable, entre autres, aux phénomènes d'enfouissement. Ainsi, la probabilité de détection et l'abondance observées sont autorisées à varier autour d'une moyenne, en suivant une loi normale.

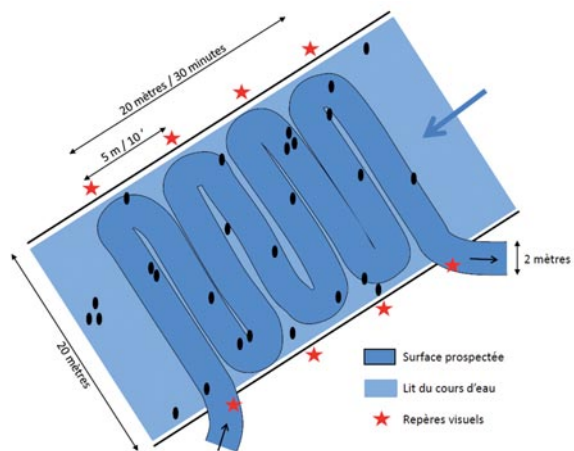
L'analyse des données (N-Mixture)

Les modèles de « N-Mixture » sont des outils statistiques robustes qui vont estimer l'ensemble des probabilités calculables sur les tronçons étudiés. Plusieurs modèles peuvent être comparés, notamment pour explorer l'impact de co-variables sur la probabilité de détection des individus ou sur l'abondance locale.

Le « critère d'information d'Akaike » est utilisé pour comparer les modèles. Ce critère permet de retenir le modèle qui décrit le mieux les données avec le moins de paramètres possibles. Il est fourni avec les estimations dans le logiciel PRESENCE © (Hines, 2006).

Nous testons ensuite l'adéquation du modèle avec les données, à l'aide d'un « Goodness-of-fit test ». Suite à ces tests, des effets aléatoires sur la détection et sur l'abondance ont été introduits. Pour ce

Limousin Nature Environnement et PNR de Millevalches en Limousin, 2014



[5] Protocole de prospection par site d'étude de 400 m²

Résultats

Résultats bruts du modèle N-Mixture

Le suivi a permis de réaliser 3 passages sur 51 tronçons. Les tronçons non prospectés l'ont été faute de temps et/ou d'accessibilité. Les résultats bruts sont présentés dans le [Tableau 1].

Concernant l'analyse des données, le facteur K a été fixé à 200. La co-variable retenue est le code tronçon. Nous avons utilisé le modèle de « Royles biometric – Repeated Count Data » de PRESENCE (Hines, 2006). L'analyse a été réalisée à trois reprises : vivants, coquilles vides et les deux [6]. Les coquilles vides peuvent « sortir » ou « entrer » dans la population d'étude, conduisant à un non-respect de

AIC = 1291,6		
Taux d'occupation apparent : 0,8039		
Abondance totale apparente : 321 (vivants)		
Taux d'occupation estimée (psi) : 0,9999		
Occupation estimée (psi)	std.err	95 % intervalle de confiance
psi (site) : 0,9999	0,0000	0,9999 - 0,9999
Abondance totale estimée (N) : 2974 individus (vivants)		
Abondance totale estimée	95 % intervalle de confiance	
N(site) : 2974	455-14040	

Limousin Nature Environnement et PNR de Millevaches en Limousin, 2014

[6] Résultats de l'analyse par modèle d'abondance en mélange obtenu pour les individus vivants sous PRESENCE ©

l'hypothèse de population close entre les passages. La forte variabilité des observations de coquilles au cours des trois passages rend caduque toute analyse de ces données. Nous ne poursuivons donc pas sur l'interprétation de ces coquilles.

Suite aux « Goodness-of-fit test », peu concluant sur le jeu de données, nous avons ajouté des effets aléatoires en « bayésien » [Tableau 2], afin de mieux prendre en compte les phénomènes d'enfouissement.

Occupation des sites et détectabilité

Lors de chaque passage, nous avons eu 32, 37 puis 27 sites où l'espèce a été détectée. Le cumul des passages permet d'affirmer qu'au moins 80 % des sites sont occupés. En un passage, on détecte donc l'espèce 5 à 7 fois sur 10. Le modèle « N-Mixture » retenu nous indique, lui, que 99,99 % des sites seraient occupés mais avec des abondances variables. Lorsque l'on n'observe aucune moule perlière sur

un site à 3 reprises, il y a très probablement 3 à 4 individus.

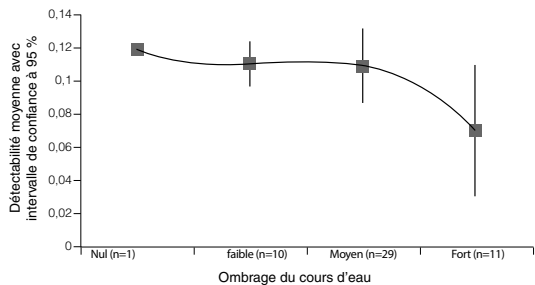
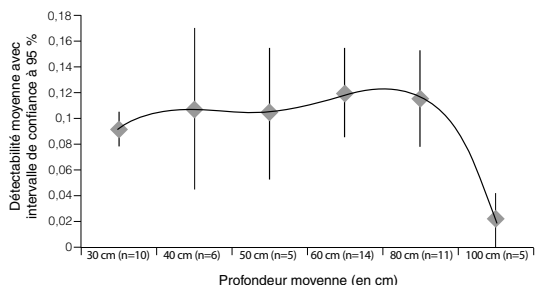
La probabilité de détection individuelle des moules perlières est comprise entre 0,00 % et 19,32 % selon les sites et les passages. En réalisant 3 passages de 30 minutes sur 400 m², nous « ratons » en moyenne 84 individus sur 100 à chaque passage avec une détectabilité globale sur l'étude de 15,57 %.

Nous avons recherché les corrélations entre la détectabilité et les paramètres hydro-morphologiques relevés. La figure [7] illustre la baisse de la détectabilité lorsque la profondeur du cours d'eau dépasse 80 cm. La visibilité devient très mauvaise. Dans une moindre mesure, un ombrage fort fait chuter la détectabilité.

Abondance et densité

Il y a plus de 95 % de chance de trouver entre 177 et 255 individus lors d'un passage sur les tronçons d'étude alors que le cumul des observations permet d'affirmer qu'il y a eu au moins 321 individus distincts observés au cours des 3 passages.

Lors de chaque passage, nous avons compté successivement 188, 254 et 205 individus vivants. Le modèle nous indique, quant à lui, que l'abondance réelle est de l'ordre de 2 974 individus vivants (avec un intervalle de confiance à 95 % très large,



[7] Effet de la profondeur (en haut) et de l'ombrage (en bas) sur la détectabilité

Dénombrement abondance				Hydrologie				Berges, ripisylve et parcelles riveraines			
Code tronçon	Nb. ind. passage 1 (06/2014)	Nb. ind. passage 2 (07/2014)	Nb. ind. passage 3 (08/2014)	Prof. moyenne (en cm)	Ombrage	Faciès dominant	Classe colmatage (Archambaud et al., 2005)	Couple de substrats dominants (1 et 2)	Qualification du couple de substrats	Occupation des sols sur les parcelles riveraines	
10	0	0	0	100	Fort	Rapide	4	Pierre / Pierre	Mauvais	Forêt feuillue / Forêt feuillue	
20	0	0	1	80	Fort	Rapide	2	Pierre / Pierre	Mauvais	Forêt feuillue / Forêt feuillue	
30	1	0	0	80	Faible	Rapide	1	Pierre / Pierre	Mauvais	Forêt feuillue / Forêt feuillue	
40	1	2	2	60	Moyen	Plat courant	1	Pierre / Sable	Moyen	Forêt feuillue / Prairie	
50	2	2	2	60	Moyen	Rapide	1	Pierre / Sable	Moyen	Forêt feuillue / Prairie	
...	
540	1	3	2	60	Moyen	Plat courant	1	Gravier / Pierre	Bon	Forêt feuillue / Forêt feuillue	
550	0	4	0	50	Moyen	Plat courant	1	Sable / Caillou	Moyen	Forêt feuillue / Forêt feuillue	
640	0	1	0	80	Moyen	Plat lentique	1	Gravier / Caillou	Bon	Forêt feuillue / Cultures	
650	0	0	0	50	Moyen	Radier	1	Caillou / Pierre	Mauvais	Prairie / Cultures	
660	0	0	0	40	Moyen	Radier	2	Gravier / Caillou	Bon	Prairie / Prairie	
670	0	0	0	100	Faible	Plat lentique	3	Sable / Pierre	Moyen	Zone urbanisée / Prairie	

[Tableau 1] Résultats bruts des 3 passages sur les 51 sites d'étude

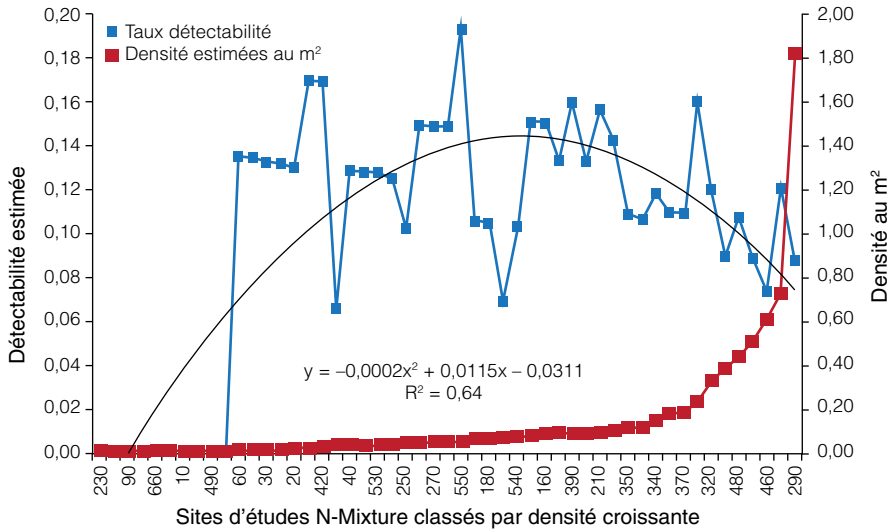
Code tronçon	Nb. ind. passage 1 (06/2014)	Nb. ind. passage 2 (07/2014)	Nb. ind. passage 3 (08/2014)	ID site	Taux détectabilité	Mean (abondance estimée)	Mean (Densité estimée au m²)	Standard dev.	2.5%	25,0%	50,0%	75,0%	97,5%	Rhat
10	0	0	0	N[9]	0,00%	3	0,009	7,99	0	0	1	4	22	1,12
20	0	0	1	N[10]	13,05%	8	0,019	14,33	1	2	4	8	40	1,01
30	1	0	0	N[8]	13,27%	8	0,019	12,42	1	2	4	8	39	1,01
40	1	2	2	N[19]	12,87%	16	0,039	22,33	2	4	8	18	75	1,01
50	2	2	2	N[20]	6,91%	29	0,072	43,69	2	7	15	33	139	1,01
...
550	0	4	0	N[11]	19,32%	21	0,052	26,52	4	7	12	23	94	1,02
640	0	1	0	N[4]	13,22%	8	0,019	12,74	1	2	4	8	40	1,01
650	0	0	0	N[30]	0,00%	4	0,009	8,05	0	0	1	4	22	1,13
660	0	0	0	N[43]	0,00%	3	0,009	7,38	0	0	1	4	22	1,09
670	0	0	0	N[51]	0,00%	3	0,009	7,61	0	0	1	4	22	1,11
				total N		2974	0,146	3366,55	455	950	1792	3575	14040	1,02
				alpha.lam		2,5367		0,86	1,195	1,859	2,436	3,112	4,44	1,01
				beta		-2,1404		1,00	-4,229	-2,839	-2,1	-1,382	-0,4038	1,02
				mean.N		58,3093		66,01	8,922	18,63	35,14	70,1	275,3	1,02
				mean.det	15,57%	0,1557		0,12	0,0159	0,06188	0,1231	0,2277	0,4256	1,02
				sd.lam		1,5814		0,24	1,165	1,413	1,562	1,729	2,11	1,00
				sd.p		0,7146		0,32	0,3262	0,5024	0,6312	0,8342	1,578	1,00
				fit		86,5031		20,86	44,6	72,49	87,63	100,9	125,6	1,00
				fit.new		80,5761		18,05	44,65	68,52	81,07	92,76	115,5	1,00
				deviance		425,2300		36,55	333,1	407,7	432,5	450,2	479	1,00

[Tableau 2] Résultats des estimations, suite à la modélisation N-Mixture en bayésien

compris entre 455 et 14 040) sur ces 51 sites.

Les densités par site sont donc comprises entre 0,009 et 1,82 individus vivants par m², avec une moyenne de 0,146. Les 10 sites pour lesquels aucune observation n'a été faite présentent des densités inférieures à 1 individu pour 100 m². La figure [8] illustre le fait que la détectabilité est optimale pour des densités ni trop faibles, ni trop fortes.

Nous avons recherché les corrélations entre l'abondance moyenne par site et les paramètres hydro-morphologiques relevés. Étonnamment, aucun effet du substrat, du colmatage, ou encore du faciès, n'a pu être observé sur l'abondance, ce qui peut s'expliquer par le fait que l'habitat est globalement favorable. La figure [9] illustre la seule relation observée selon laquelle les mulettes perlières sont plus abondantes dans les secteurs de forêts feuillues.



[8] Corrélation entre détectabilité et densité de mulettes perlières (n = 51)

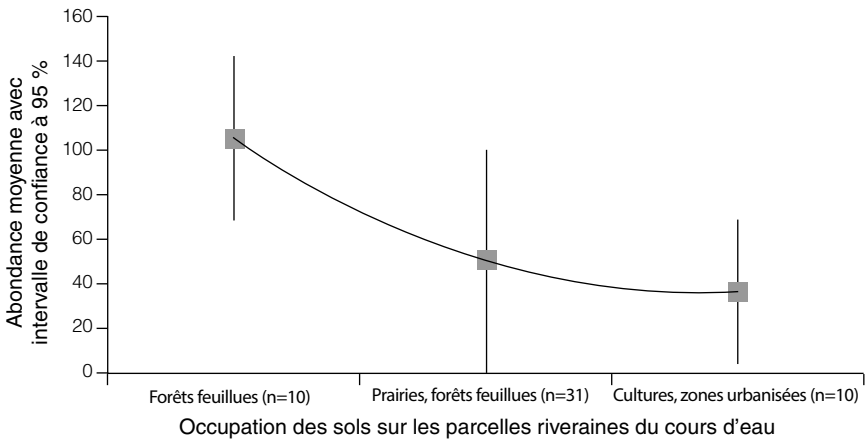
Discussion

Ce suivi présente des limites : biais observateur, phénomène d'enfouissement... La fourchette très large de l'estimation illustre ces biais. Pour les compenser, nous avons rendu la détectabilité et l'abondance variables dans notre modèle, permettant à ce dernier de prendre en compte les individus ayant passé une partie du suivi enfouis. Mais que faire des individus poten-

tiellement restés enfouis tout au long des 3 passages ?

Un taux d'individus enfouis compris entre 24 et 61 % a été observé en Normandie (Beaufils, 2012) sur 3 sites d'étude et sur une période s'étalant de fin mai à fin juillet 2012.

Nous pourrions envisager d'étudier l'enfouissement par Capture-Marquage-Recapture (Otis *et al.*, 1978), ou bien de réaliser les 3 passages sur un site au cours de la même journée, mais ceci ajouterait un nouveau biais sur la détectabilité lié à



[9] Effet de l'occupation des sols sur l'abondance de mulettes perlières

la mémorisation des observations d'un passage à l'autre.

Ces résultats ont été mis en regard avec un suivi similaire basé sur la CMR et réalisé en 2014 (Naudon, 2015), ne prenant en compte que les individus non enfouis. Les deux études sont très cohérentes et apportent un crédit aux modèles statistiques développés ici.

Conclusion

Notre étude a permis d'estimer l'abondance de moules perlières sur notre échantillonnage à 2 974 individus, soit une moyenne de 0,146 individu par m² (entre 0,009 et 1,82 selon les sites). 100 % des sites sont occupés par l'espèce. On peut conclure que détecter la présence de l'espèce sur un site de 400 m² avec les densités en présence est assez aisé.

Concernant l'abondance, sur un cours d'eau large et avec un opérateur unique réalisant 3 passages répétés, la détectabilité de l'espèce reste très faible, et l'opérateur n'observe qu'entre 0 et 19 % des individus. Ceci induit des intervalles de confiance très larges sur les estimations d'abondance. Une étape de modélisation plus précise de la détectabilité et des variations d'abondance entre les sites pourrait permettre d'affiner ces estimations.

Cette étude illustre l'importance de prendre en compte la détectabilité dans le suivi de populations de moules. L'observateur ne contactant que très peu d'individus, seuls des modèles statistiques robustes permettent d'estimer et de suivre dans le temps la dynamique de population d'une espèce comme la moule perlière. ■

Bibliographie

BEAUFILS B. 2012 – *Suivi de populations de Mulette perlière par CMR*. Présentation du PNR Normandie-Maine lors des rencontres interrégionales, Nedde, France.

HINES J.E. 2006 – PRESENCE, *Software to estimate patch occupancy and related parameters*. U.S. Geological Survey, Patuxent Wildlife Research Center, Laurel, Maryland, USA.

KUEHN R. & GEIST J. 2014 – *Analyses génétiques de 8 populations de moules perlières (Margaritifera margaritifera) et analyse du substrat des rivières de la région Limousin (France)*. Rapport d'étude pour ASF et Limousin Nature Environnement, 23 p.

LABORDE B. 2011 – Structure et dynamique de population de la Mulette perlière (*Margaritifera margaritifera*) sur la haute vallée de la Vienne. *Epop*, 82, pp. 24-48.

NAUDON D. 2015 – *Bilan annuel du Plan Régional d'Action en faveur de la moule perlière en Limousin. Version provisoire*. Rapport du PRA, à paraître.

ONEMA 2009 – *Note méthodologique de localisation et de caractérisation des cours d'eau à Margaritifera margaritifera dans le Massif Central (V1)*. Présentation de l'espèce, caractérisation des sites favorables, méthodologie de prospection. Rapport interne non publié, 125 p.

OTIS D.L., BURNHAM K.P., WHITE G.C. & ANDERSON D.R. 1978 – Statistical inference from capture data on closed animal populations. *Publication of The Wildlife Society, Wildlife Monographs*, 62, 135 p.

ROYLE J.A. 2004 – N-mixture models for estimating population size from spatially replicated counts. *Biometrics*, 60, pp. 108-115.

Cyril LABORDE : Syndicat mixte du Parc Naturel Régional de Millevaches en Limousin, Meymac, France

c.laborde@pnr-millevaches.fr

David NAUDON & Cloé MARCILLAUD : Limousin Nature Environnement, Verneuil-sur-Vienne, France

dnloutr@orange.fr

cloco.marcillaud@orange.fr

Aurélien BESNARD : CÉFE UMR 5175, CNRS – Université de Montpellier – Université Paul-Valéry Montpellier – EPHE, laboratoire Biogéographie et écologie des vertébrés, Montpellier, France

aurelien.besnard@cefe.cnrs.fr



Accumulation de métaux traces et biodisponibilité dans le bassin de l'Ulla (nord-ouest de l'Espagne) : évaluation des effets potentiels sur la moule perlière

Juan ANTELO, Manuel SUÁREZ-ABELENDIA, Cristina PASTORIZA, Jesús BARRAL, Paz ONDINA, Adolfo OUTEIRO, Sabela LOIS & Juan Manuel ANTELO



J. Antelo

D. Arán

Comme de nombreuses espèces menacées, les bivalves unionoïdes subissent une sévère extinction. En raison de leur sensibilité au stress de l'écosystème, beaucoup d'entre elles sont considérées comme des espèces bio-indicatrices. La *Margaritifera margaritifera* sérieusement menacée en est un bel exemple. Filtreur benthique, sédentaire et à la longue durée de vie, la moule perlière d'eau douce est extrêmement sensible à la contamination d'origine anthropique et à la présence de métaux traces dans les eaux de surface et les sédiments.



M. Suarez

D. Arán



P. Ondina



A. Outeiro



S. Lois

Université de Saint-Jacques-de-compostelle

Afin d'évaluer l'accumulation et la mobilité des métaux traces (cuivre Cu, zinc Zn, nickel Ni, chrome Cr, cadmium Cd et arsenic As) dans le bassin de la rivière Ulla, la mesure de leur teneur a été réalisée et les facteurs d'enrichissement ont été calculés pour contrôler l'influence anthropique sur la présence de métaux traces

dans les sédiments fluviaux. Les résultats observés montrent une accumulation de métaux traces dans la partie inférieure du bassin, avec les plus grandes concentrations de Cu, Zn et As présents dans les sites affectés par un drainage minier acide¹. Les résultats statistiques ont montré une corrélation négative entre la distribution des

¹ - Drainage minier acide : un drainage minier acide est une solution minérale acide qui s'écoule régulièrement en conséquence de certains types de mines ou de stockage de déchets miniers. Il contribue localement au phénomène global d'acidification des eaux douces constaté depuis plusieurs décennies à grande échelle.

métaux traces dans le bassin de la rivière et l'abondance de l'espèce. En outre, la mulette perlière d'eau douce a été statistiquement constatée absente ou peu présente lorsque les sédiments contenaient les plus grandes teneurs en Cu, Zn, Ni et As. Ces derniers agiraient en synergie et affecteraient la survie de l'espèce.

Introduction

Les populations de *M. margaritifera* ont connu un recul ou ont disparu au cours des dernières décennies. Un grand nombre d'entre elles se sont avérées incapables de se reproduire avec succès (Young *et al.*, 2001). En Europe, la mulette perlière est actuellement classée comme « sérieusement menacée » (Cuttelod *et al.*, 2011) ou « menacée » selon l'Union internationale pour la conservation de la nature. Différents types d'impacts, tels que le changement climatique, l'introduction d'espèces invasives, l'eutrophisation, l'altération de l'habitat, ou le déclin des populations de salmonidés hôtes, ont été considérés comme déclencheurs de la diminution de la population (Österling *et al.*, 2010). Les mulettes perlières d'eau douce sont considérées comme très sensibles à l'augmentation des métaux traces dans les sédiments, en conséquence d'une longue vie sédentaire en contact direct avec le substrat (Farris & Van Hassel, 2007).

Les sédiments du lit de la rivière sont d'importants entonnoirs et transporteurs de métaux dans les systèmes aquatiques, avec 99 % des polluants stockés dans ces sédiments tout au long du cycle hydrologique (Filgueiras *et al.*, 2004). La concentration des métaux traces accumulés dépend de leur flux en provenance des bassins versants, de la minéralogie, de la granulométrie et des propriétés physico-chimiques. Toutefois, le contenu des métaux traces dans les sédiments détermine non seulement la survie, mais aussi la mobilité biogéochimique et la disponibilité de ces métaux.

La présente étude a été pensée sur le long terme pour tenter de décrire la relation probable entre la teneur en oligo-éléments dans les sédiments de la rivière et l'abondance de populations de mulette perlière d'eau douce. La teneur totale en métaux traces et en arsenic (considéré comme un facteur déterminant *a priori* sur le déclin de la mulette perlière) a été déterminée pour évaluer l'accumulation dans les sédiments. L'extraction séquentielle chimique a été réalisée afin d'analyser leur mobilité et leur disponibilité potentielle. L'analyse statistique multivariée a aidé dans l'interprétation de l'ensemble des données relatives au métal concernant

leur distribution le long de la rivière et leurs effets sur la population de *M. margaritifera*.

Matériaux et méthodes

La rivière Ulla est le deuxième bassin de Galice (nord-ouest de l'Espagne) avec une extension totale de 2 764 km². Plusieurs zones du bassin de la rivière sont incluses dans le réseau de zones spéciales de conservation (ZSC) selon la directive de l'Union européenne 92/43/EEC, dans le but d'assurer la survie à long terme des espèces et des habitats menacés. Trente-neuf échantillons de sédiments de surface (0-15 cm) du bassin Ulla ont été recueillis entre mai et septembre 2012. Ces échantillons ont été séchés à l'air pendant 8 à 10 jours et tamisés en vue de recueillir la fraction < 63 µm, qui a été utilisée pour l'analyse chimique et l'extraction séquentielle. La concentration totale en métaux traces, déterminée par la déstructuration assistée par micro-ondes et par les échantillons digérés, a été analysée par ICP-OES. L'extraction séquentielle BCR (Ure *et al.*, 1993) a été réalisée pour obtenir des informations sur la spéciation des métaux dans les sédiments. Cette extraction détermine sélectivement les métaux associés aux carbonates ou métaux échangeables (BCR-1), les métaux liés au fer amorphe et aux oxydes de manganèse (BCR-2), les métaux associés aux sulfures ou matières organiques (BCR-3) et les métaux liés aux matériaux géologiques (BCR-4).

Lors d'une étude précédente, la population et la densité de *M. margaritifera* de la rivière Ulla et ses affluents ont pu être estimées en divisant le cours d'eau en sections de 1 km de long (Lois *et al.*, 2014). Pour chaque section, plusieurs tronçons de 50 m de longueur ont été échantillonnés à l'aide d'aquascopes ou de plongée en apnée. Des individus visibles ont pu être comptés et un creusement superficiel (15 cm de profondeur) a été réalisé afin de rechercher des jeunes mulettes. La densité du transect a été calculée telle que décrite par Krebs (Krebs, 1999).

Résultats et discussion

Distribution des populations de mulette perlière dans le bassin de l'Ulla

Les résultats obtenus grâce aux transects étudiés montrent une distribution irrégulière de *M. margaritifera* qui permet de

différencier les zones. Dans le bassin supérieur, y compris dans le cours supérieur des rivières Ulla et Arnego, les plaques de *M. margaritifera* s'étendent sur plusieurs kilomètres avec une distribution plus ou moins continue, et une absence remarquée à proximité du réservoir de Portodemouros, barrage situé au milieu du bassin fluvial. Dans la rivière Arnego, cette espèce atteint son abondance maximale avec des densités allant jusqu'à 8,90 individus/m² et une population qui est estimée à 14 085 spécimens. Cependant, la faible représentativité des jeunes dans la structure d'âge indique un état critique de conservation de la population.

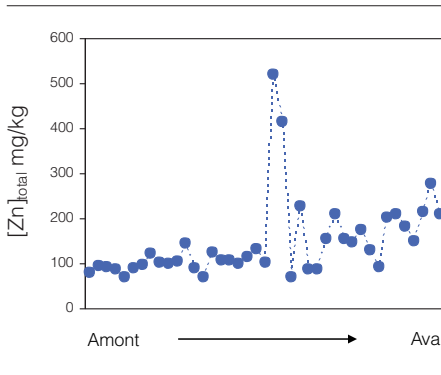
En aval, certaines populations de *M. margaritifera* ont restreint leur aire de répartition et leur nombre d'individus. Dans la rivière Deza et la partie inférieure de la rivière Ulla, la distribution des espèces se compose de spécimens isolés et/ou de plaques de faible densité largement éloignées les unes des autres. L'estimation de la population de la rivière Deza est

de 75 individus et celle des cours moyen et inférieur de la rivière Ulla est de 161 individus (Lois *et al.*, 2014). En outre, la rivière Deza souffre également du vieillissement de sa population, avec 65 % des spécimens âgés de plus de 50 ans et des individus de moins de 5 ans qui restent introuvables.

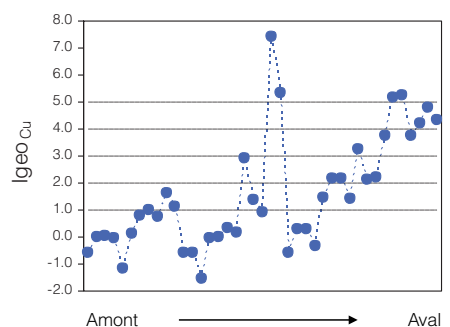
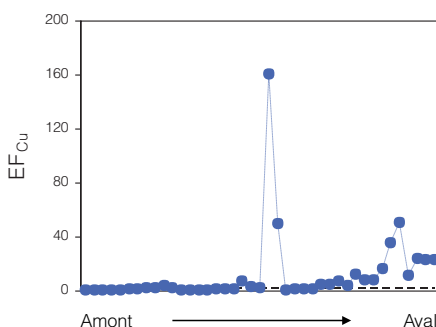
Variation spatiale des métaux et indices géochimiques

La concentration totale des principaux éléments (fer Fe, aluminium Al) a montré moins de variations dans le bassin fluvial par opposition à la distribution des oligo-éléments (Cu, Ni, Zn, Cr, Cd, et As) qui ont tendance à s'accumuler en aval [1]. Les plus hauts niveaux de métaux traces (hors Cr) se trouvent dans les échantillons prélevés sur les sites touchés par les activités minières (cuivre, étain Sn et tungstène W). Les résultats obtenus suggèrent que l'accumulation de métaux traces dans les sédiments pourrait être causée par les rejets de drainage minier acide.

L'accumulation des oligo-éléments se trouvant le long du bassin de l'Ulla est évaluée à l'aide du facteur d'enrichissement (EF) et de l'indice de géo-accumulation (I_{geo}). Les deux indices fournissent une normalisation de la concentration de métal (en utilisant Al en tant qu'élément de normalisation) et sont largement utilisés pour séparer les apports naturels et anthropiques. À titre d'exemple, la Figure 2 montre les valeurs calculées EF et I_{geo} pour Cu le long du bassin fluvial [2]. Généralement, les valeurs EF et I_{geo} déterminent une accumulation modérée à fortement modérée de Cr et Ni dans les parties supérieures (attribuée à la présence de minéraux renfermant du Cr et du Ni). Quant à Cu,



[1] Variation spatiale du zinc (Zn) dans le lit du bassin fluvial de la rivière Ulla



[2] Valeurs du facteur d'enrichissement (EF) et de l'indice géo-accumulation (I_{geo}) pour le cuivre (Cu) le long du bassin fluvial

Ni, Zn et Cd, leur accumulation est accentuée (de modérée à fortement modérée) dans les cours d'eau situés à proximité de la mine de cuivre et à la confluence avec la rivière Ulla. En outre, l'indice I_{geo} détermine une accumulation d'As faible (voire inexistante) dans les sédiments, alors que l'accumulation modérée est déterminée par EF à la confluence de la mine d'étain et de tungstène.

Spéciation des oligo-éléments

La teneur totale, en elle-même, n'explique pas complètement l'éventuelle interaction métallique sur la population de moule perlière étudiée. La mobilité, la biodisponibilité et la toxicité des métaux traces dans les systèmes naturels dépendent fortement de leur forme chimique spécifique et de leurs associations avec les minéraux et fractions organiques.

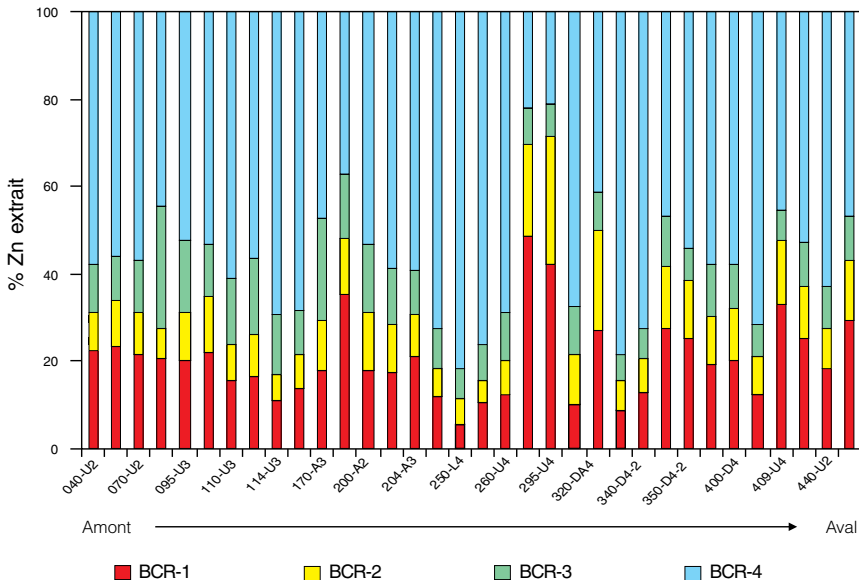
La fraction résiduelle (BCR-4), affectée aux matériaux lithologiques, prédomine pour Fe, Al et Cr dans la plupart des échantillons contenant plus de 80 % de la concentration totale. Ni, Zn, Cu et Mn présentent des contributions plus importantes dans les fractions les plus mobiles (BCR-1 et BCR-2, attribuées à la présence respective de carbonates et d'oxydes amorphes), et soulignent la mobilité relativement élevée et la biodisponibilité potentielle de ces éléments. Les changements dans les conditions physico-chi-

miques du substrat, comme l'acidification ou les changements dans le potentiel redox, peuvent libérer des quantités significatives de ces oligo-éléments dans le système aquatique. La fraction liée à la matière organique (BCR-3) est importante notamment pour Cu mais également pour Ni et Zn [3]. Ceci est en accord avec l'affinité que présentent les métaux traces pour la matière organique et indique une mobilité inférieure.

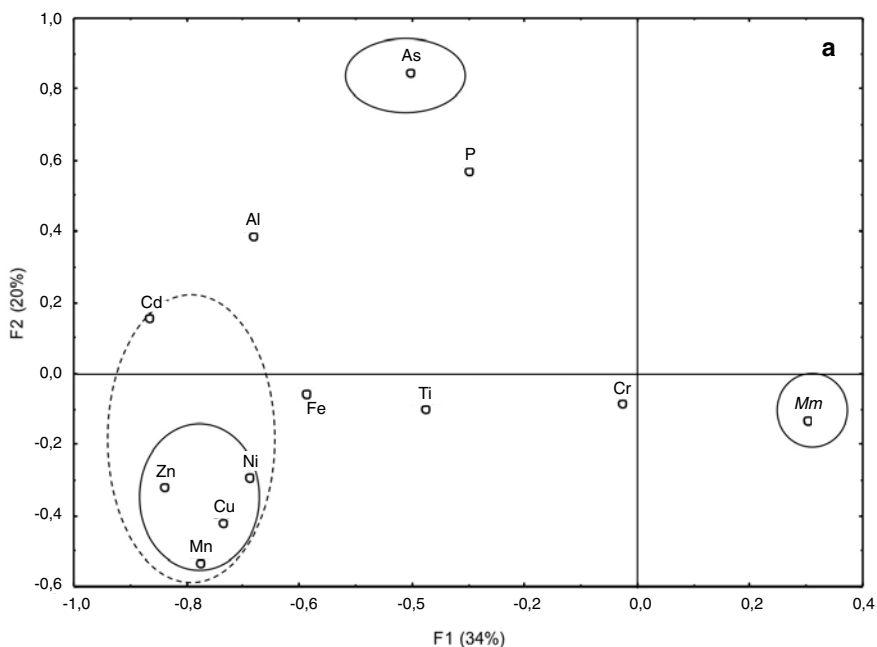
Analyse statistique

L'analyse de variances a été utilisée pour distinguer les différences dans la taille des grains, le COT (carbone organique total) et la teneur en métaux (y compris les concentrations BCR et totales) entre les régions définies du bassin de la rivière. L'analyse factorielle fournit une meilleure étude détaillée sur la répartition des oligo-éléments dans le bassin de la rivière et sur le comportement de la population *M. margaritifera* en réponse à l'accumulation de tels éléments.

En conséquence, la saturation factorielle indique une contraposition claire entre l'abondance de *M. margaritifera* et de fortes concentrations d'oligo-éléments (à l'exclusion du Cr), et cela en accord avec les résultats de l'analyse de variance où l'on constate une corrélation négative entre la population de bivalves et les métaux associés aux oxydes amorphes et aux



[3] Distribution du zinc (Zn) dans les différentes phases géochimiques de sédiments de la rivière Ulla



[4] Projection des saturations du facteur dans l'espace F1 F2

matières organiques [4]. L'information combinée entre la saturation factorielle et les poids factoriels indique que les sites servant à l'échantillonnage, dans les parties supérieures des rivières Arnego et Ulla, bénéficient de la plus grande abondance de *M. margaritifera* et des plus petites quantités de métaux traces (à l'exclusion du Cr, qui est surtout présent dans la fraction BCR-4). En outre, les sites de la partie inférieure du bassin montrent une densité de bivalves plus faible et une accumulation d'oligo-éléments dans les sédiments plus élevée.

Conclusions

La présente étude offre quelques indications d'une probable conséquence de la présence d'une concentration supérieure aux niveaux critiques en métaux dans les sédiments de la rivière sur l'abondance des *M. margaritifera*. La survie de la population de *M. margaritifera* n'est pas directement concernée par la teneur en métaux traces dans les sédiments, mais par le degré de mobilité et de disponibilité potentielles de ces métaux. Le déclin de la population de *M. margaritifera* ne doit pas être exclusivement imputable

aux accumulations d'oligo-éléments, puisque d'autres causes doivent être sous-jacentes. La *M. margaritifera* est un bon indicateur de la qualité de l'environnement, du lit du cours d'eau et des eaux de surface, qui met en lumière la meilleure préservation des parties supérieures du bassin étudié. ■

Bibliographie

- CUTTELOD A., SEDDEN M. & NEUBERT E. 2011 – *European red list of non-marine molluscs*. Luxembourg Publications office of the European Union, Luxembourg, 96 p.
- FARRIS J.L. & VAN HASSEL J.H. 2007 – *Freshwater bivalve ecotoxicology*. CRC Press, Boca Raton, 375 p.
- FILGUEIRAS A.V., LAVILLA I. & BENDICHO C. 2004 – Evaluation of distribution, mobility and binding behaviour of heavy metals in surficial sediments of Louro River (Galicia, Spain) using chemometric analysis: A case study. *Science of Total Environment*, 330, pp. 115-129.
- KREBS C.J. 1999 – *Ecological methodology*, 2nd edition. Addison-Wesley Educational Publishers Inc., Menlo Park, Californie, États-Unis d'Amérique, 620 p.
- LOIS S., ONDINA P., OUTEIRO A., AMARO R. & SAN MIGUEL E. 2014 – The north-west of the Iberian Peninsula is crucial for conser-

vation of *Margaritifera margaritifera* (L.) in Europe. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 24, pp. 35-47.

ÖSTERLING M., ARVIDSSON B. & GREENBERG L. – 2010. Habitat degradation and the decline of the threatened mussel *Margaritifera margaritifera*: influence of turbidity and sedimentation on the mussel and its host. *Journal of Applied Ecology*, 47, pp. 759-768.

URE A.M., QUEVAUVILLER P., MUNTAU H. & GRIEPINK B. 1993 – Speciation of heavy metals in soils and sediments. An account of the improvement and harmonization of extraction techniques undertaken under the auspices of the BCR of the Commission of the European Communities. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 51. pp. 135-151.

YOUNG M.R., COSGROVE P.J. & HASTIE L.C. 2001 – The extent of, and causes for, the decline of a highly threatened naiad: *Margaritifera mar-*

garitifera. In Bauer G. & Wächtler K. (eds.), *Ecology and evolution of the freshwater mussels unionoida*. Springer-Verlag, Berlin, pp. 337-358.

Juan ANTELO & Manuel SUÁREZ-ABELENDÁ : Département de Pédologie et chimie agricole, Université de Saint-Jacques-de-Compostelle, Espagne
juan.antelo@usc.es

Cristina PASTORIZA, Jesús BARRAL & Juan Manuel ANTELO : Département de Physique-chimie, Université de Saint-Jacques-de-Compostelle, Espagne

Paz ONDINA, Adolfo OUTEIRO & Sabela LOIS : Département de Zoologie, Université de Saint-Jacques-de-Compostelle, Espagne
mapaz.ondina@usc.es



Étude écotoxicologique de la sensibilité aux contaminants métalliques de la mulette perlière en Dronne amont, Dordogne

Magalie BAUDRIMONT, Patrice GONZALEZ, Alexia LEGEAY, Nathalie MESMER-DUDONS, Éric GOURSOLLE, Julie CHEVALIER, Bénédicte PÉCASSOU & Romain PAPIN-VINCENT



M. Baudrimont

F. Desmesure

La mulette perlière *Margaritifera margaritifera* est aujourd'hui peu représentée dans les rivières de France, avec toutefois une concentration importante de 15 000 individus recensée en Dronne (Dordogne). Bien que la qualité de l'eau de la Dronne soit considérée comme bonne, une source de pollution ponctuelle a été recensée récemment.



P. Gonzalez



A. Legeay



N. Mesmer-Dudons

P. Ciret

Il s'agit d'une décharge sauvage qui a reçu, pendant de nombreuses années, toutes sortes de déchets, incluant batteries et piles, dont le ruissellement se rejette dans la rivière au niveau d'un pavage de mulettes de 1 000 à 1 500 individus. Parmi les contaminants métalliques susceptibles d'être présents, le cadmium (Cd), par exemple, est un métal bien connu pour provoquer des dysfonctionnements cellulaires ou physiologiques plus ou moins importants selon les espèces (Perceval *et al.*, 2004 ; Gonzalez *et al.*, 2006 ; Marie *et al.*, 2006). Or, jusqu'à présent, aucune étude écotoxicologique concernant l'effet de la pollution métallique sur la mulette perlière n'a été développée.

Ainsi, les objectifs de cette étude sont d'apporter des connaissances nouvelles

sur les impacts potentiels des polluants métalliques sur *M. margaritifera* à partir d'études couplées de terrain et de laboratoire, à travers (i) l'étude *in situ* des potentiels effets néfastes issus du lessivage de la décharge sauvage sur les mulettes perlières de la Dronne ; (ii) l'étude en laboratoire de l'impact d'un métal toxique bien connu, le cadmium.

Matériels et méthodes

Étude de terrain

Des individus adultes de *M. margaritifera* ont été prélevés en avril et juillet 2009, puis en mars 2010, en amont et en aval de la

décharge sauvage, suite à une demande d'autorisation de prélèvement obtenue auprès du Ministère de l'Environnement en 2009 (effectif de 113 individus). Les analyses ont porté sur 10 individus de chaque site et sur les 3 périodes considérées.

1) Étude expérimentale avec le Cd

30 individus de *M. margaritifera* prélevés en juillet 2009 ont été utilisés pour réaliser une exposition au Cd en conditions contrôlées de laboratoire. 5 conditions expérimentales ont été mises en place, avec 6 individus introduits dans chaque unité expérimentale : « témoin amont » correspondant à des individus prélevés en amont de la décharge ; « témoin aval » correspondant à des individus prélevés à l'aval ; 2 conditions d'exposition au Cd par la voie directe à des concentrations de 2 et 5 µg/L ; et enfin une condition d'exposition à l'œstradiol à 100 µg/L en tant que témoin positif de perturbation endocrinienne, sachant que le Cd est un métal pouvant modifier les régulations endocrines des individus, et notamment des hormones de la reproduction (Pierron *et al.*, 2008). Après 14 jours d'acclimatation, les individus ont été exposés durant 7 jours à 12°C dans l'eau de la Dronne et sur un substrat de sable ultrapur de 7 cm d'épaisseur à chacune de ces conditions.

2) Paramètres analysés

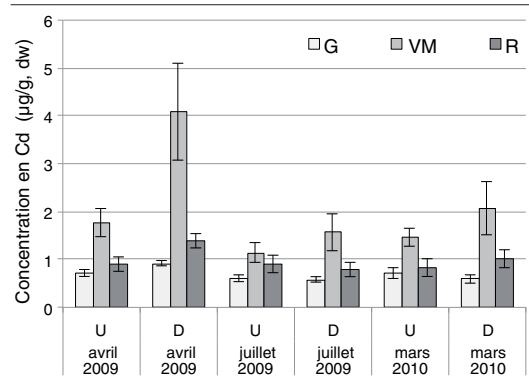
Des mesures morphométriques de la taille des coquilles ont été réalisées. Des indices de condition ont été calculés à partir du poids de chair par rapport au poids de la coquille. Puis, 3 ensembles tissulaires ont été prélevés : les branchies, la masse viscérale et le reste des tissus (manteau et muscles). Les concentrations en métaux ont été déterminées par ICP-MS ou spectrophotométrie d'absorption atomique. Les mécanismes de détoxification ont été évalués par la mesure des concentrations protéiques en métallothionéines (MTs), protéines cytosoliques capables de séquestrer les ions métalliques (Baudrimont *et al.*, 2003 ; Marie *et al.*, 2006 ; Paul-Pont *et al.*, 2010). Parallèlement, l'expression de gènes impliqués dans différentes fonctions cellulaires – lutte contre le stress oxydant (superoxyde dismutase cytoplasmique : *sod* et mitochondriale : *sodMn*), métabolisme mitochondrial (sous-unité 1 de la cytochrome c oxydase : *cox1* et gène ribosomique 12S) et détoxification métallique (métallothionéine : *mt*) – a été mesurée par PCR quantitative après caractérisation et séquençage des gènes non étudiés chez cette espèce, comparativement à un

gène de référence codant pour le β-actine. Enfin, des analyses histologiques de la gonade ont été développées sur les moules perlières exposées en laboratoire au Cd afin de déterminer le sexe des individus.

Résultats et discussion

Étude de terrain

Les analyses de bioaccumulation du Cd et des autres métaux dans les tissus de moules perlières prélevées en amont et en aval de la décharge ont montré des accumulations significatives à l'aval par rapport à l'amont, en particulier pour le Cd [1], mais également pour Pb, Cr, As et Co, notamment en avril mais aussi en juillet 2009.



[1] Concentrations de Cd mesurées dans les tissus de moules perlières (G : branchies, VM : masse viscérale, R : reste du corps) prélevées sur la Dronne amont (U) ou aval (D) en avril, juillet 2009 et mars 2010 (moyennes ± écart-type, n = 10).

Les concentrations de Cd les plus élevées peuvent atteindre jusqu'à 10 µg/g (poids sec) dans la masse viscérale. Cette valeur dépasse le seuil de 5 µg/g (ps) autorisant la consommation humaine de coquillages. Certes, la moule perlière n'est pas une espèce consommée, néanmoins, cette accumulation de Cd se montre ponctuellement élevée. Si nous comparons ces valeurs à des mesures réalisées dans des moules perlières provenant d'Allemagne ou de Finlande, qui respectivement présentent des concentrations de Cd de 50 et 7 µg/g (ps) dans leurs masses viscérales (Frank & Gerstmann, 2007), nous pouvons dire que ces concentrations sont parmi les plus faibles mesurées en Europe.

Fonction	Gène	Branchies	Masse viscérale	Rein
Lutte contre le stress oxydant	<i>sod</i>	1,09	1,91	0,72
	<i>sodMn</i>	0,65	1,65	0,79
Métabolisme mitochondrial	<i>12S</i>	0,75	0,75	0,51
	<i>cox1</i>	1,53	2,61	2,15
Détoxication	<i>mt</i>	0,31	1,81	0,58

[Tableau 1] Facteurs d'induction aval/amont des différents gènes étudiés chez *M. margaritifera* après prélèvement à l'amont et à l'aval de la décharge de Saint-Sauv-Lacoussière en juillet 2009 (n = 10). Les facteurs > 2 représentent une induction significative et ceux < 0,5 une répression.

Les analyses d'expression de gènes mesurées en juillet 2009 indiquent que l'expression du principal gène impliqué dans le métabolisme mitochondrial (*cox1*) est plus élevée dans les individus issus de l'aval comparativement à l'amont, quel que soit l'organe [Tableau 1], démontrant une perturbation de la chaîne respiratoire mitochondriale chez les moules perlières. Les expressions des gènes *sod*, *sodMn* et *mt* dans la masse viscérale indiquent également un stress oxydant généré dans ce tissu. Les moules perlières semblent ainsi affectées par la contamination métallique observée précédemment, notamment au niveau de la masse viscérale et des reins, alors que pour cette période de prélèvement, les accumulations métalliques ne sont pas les plus marquées.

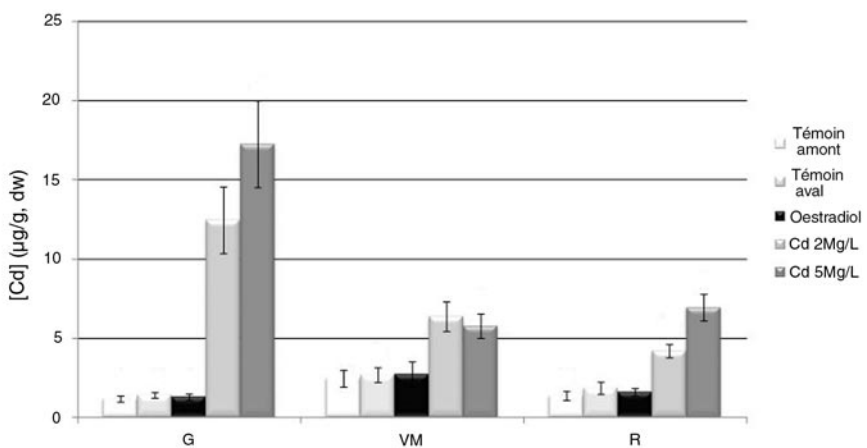
Concernant la synthèse protéique des métallothionéines (MTs), au mois de juillet 2009, une augmentation significative à l'aval par rapport à l'amont est observée, en cohérence avec les accumulations

métalliques observées. Le mécanisme de détoxication par ces protéines de défense s'est donc mis en place.

Étude expérimentale avec le Cd

Les résultats de bioaccumulation du Cd par la voie directe d'exposition montrent des accumulations de Cd marquées dans les conditions 2 et 5 µg/L dans les branchies [2]. Ces concentrations sont dépendantes de la dose d'exposition, notamment dans les branchies et le reste du corps. Au contraire, les concentrations mesurées dans les conditions « témoin aval » et « œstradiol » ne présentent aucune accumulation de ce métal. La moule perlière *M. margaritifera* possède donc bien des capacités d'accumulation de Cd relativement importantes, puisqu'en 7 jours, elle multiplie sa concentration dans les branchies d'un facteur autour de 15.

Les concentrations de MTs, mesurées en parallèle, ne montrent qu'une faible réponse à ce métal comparativement à la



[2] Concentrations de Cd mesurées dans les trois organes de *Margaritifera margaritifera* (G : branchies, VM : masse viscérale, R : reste du corps), en fonction des conditions d'exposition (moyennes ± écart-type, n = 6)

condition « témoin amont » [3]. Ceci veut dire que, contrairement à la plupart des espèces, la moule perlière semble très peu réagir en matière de détoxification par ces protéines à la présence du Cd. Ce résultat est intéressant car il pourrait suggérer une sensibilité particulière de la moule perlière à ce métal. En revanche, une très forte induction de ces protéines est mesurée dans la masse viscérale des moules perlières provenant du site aval. Ces valeurs se rapprochent de celles mesurées *in situ* en juillet 2009, suggérant la présence d'autres contaminants induisant cette réponse.

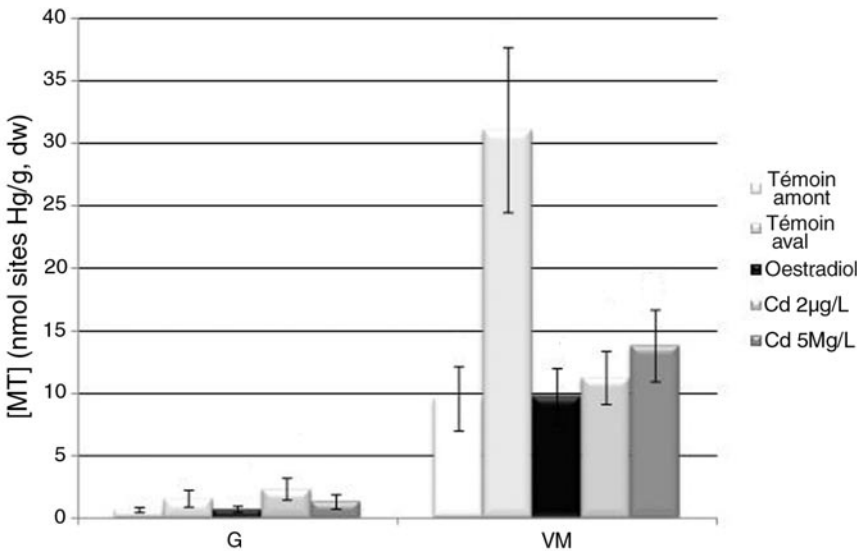
Les expressions génétiques comparées entre l'amont et l'aval montrent la génération d'un stress oxydant dans les branchies par la surexpression du gène *sodMn*. L'expression du principal gène impliqué dans le métabolisme mitochondrial (*cox1*) est également plus élevée, démontrant une perturbation du métabolisme mitochondrial. Enfin, pour le gène *mt*, la plus forte surexpression est notée au niveau du rein, suivi par les branchies et la masse viscérale. Ces résultats sont en cohérence avec les mesures de concentrations protéiques. Concernant l'exposition au Cd, une réponse dose dépendante a été déterminée dans les trois organes étudiés. Dans les branchies, le Cd provoque une surexpression des gènes *cox1* et *mt*, mais également une répression de la *sod* cytoplasmique. Les mêmes tendances sont retrouvées dans le rein et la masse viscérale. Ces résultats sont en accord avec des études précédentes d'exposition

au Cd chez des organismes modèles tels que le poisson zèbre *Danio rerio* (Gonzalez *et al.*, 2006) ou les bivalves *Corbicula fluminea* et *Crassostrea gigas* (Legeay *et al.*, 2005 ; Marie *et al.*, 2006).

Enfin, l'analyse histologique des gonades a permis de mettre en évidence pour les individus témoins une prédominance d'individus hermaphrodites. Il est majoritairement admis que les moules perlières possèdent des sexes séparés, néanmoins, en conditions défavorables, les individus femelles pourraient développer un hermaphrodisme de façon à maintenir leur reproduction (Bauer, 1987). En ce qui concerne les moules perlières de la Dronne, il semble que nous soyons dans cette situation, ce qui est positif dans le sens où ces individus sont bien aptes à se reproduire (gonades mûres avec des ovocytes et des spermatozoïdes). En revanche, ces résultats semblent indiquer une réaction ou adaptation des populations à leur situation actuelle sur cette rivière, qui peut être jugée de façon plutôt défavorable. ■

Bibliographie

BAUDRIMONT M., ANDRÈS S., DURRIEU G. & BOUDOU A. 2003 – The key role of metallothioneins in the bivalve *Corbicula fluminea* during the depuration phase, after an *in situ* exposure to Cd and Zn. *Aquatic Toxicology*, 63, pp. 89-102.



[3] Concentrations de metallothionéines (MTs) mesurées dans les deux principaux organes de *Margaritifera margaritifera* (G : branchies et VM : masse viscérale), en fonction des conditions d'exposition (moyennes ± écart-type, n = 6)

BAUER G. 1987 – Reproductive strategy of the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera*. *Journal of Animal Ecology*, 56, pp. 691-704.

FRANK H. & GERSTMANN S. 2007 – Declining Populations of Freshwater Pearl Mussels (*Margaritifera margaritifera*) are burdened with heavy metals and DDT/DDE. *Ambio*, 36 (7), pp. 571-574.

GONZALEZ P., BAUDRIMONT M., BOUDOU A. & BOURDINEAUD J.-P. 2006 – Comparative effects of direct cadmium contamination on gene expression in gills, liver, skeletal muscles and brain of the zebra fish (*Danio rerio*). *Biometals*, 19, pp. 225-235.

LEGEAY A., ACHARD-JORIS M., BAUDRIMONT M., MASSABUAU J.-C. & BOURDINEAUD J.-P. 2005 – Impact of cadmium contamination and oxygen levels on biochemical responses in the Asiatic clam *Corbicula fluminea*. *Aquatic Toxicology*, 74, pp. 242-253.

MARIE V., BAUDRIMONT M. & BOUDOU A. 2006 – Cadmium and zinc bioaccumulation and metallothionein response in two freshwater bivalves (*Corbicula fluminea* and *Dreissena polymorpha*) transplanted along a polymetallic gradient. *Chemosphere*, 65, pp. 609-617.

PAUL-PONT I., GONZALEZ P., BAUDRIMONT M., JUDE F., RAYMOND N., BOURASSEAU L., LE GOÏC N., HAYNES F., LEGEAY A., PAILLARD C. & DE MONTAUDOUIN X. 2010 – Interactive effects of metal contamination and pathogenic organisms on the marine bivalve *Cerastoderma edule*. *Marine Pollution Bulletin*, 60, pp. 515-525.

PERCEVAL O., COUILLARD Y., PINEL-ALLOUL B., GIGUÈRE A. & CAMPBELL P.G.C. 2004 – Metal-induced stress in bivalves living along a gradient of Cd contamination: relating sub-cellular metal distribution to population-level responses. *Aquatic Toxicology*, 69, pp. 327-345.

PIERRON F., BAUDRIMONT M., DUFOUR S., ÉLIE P., BOSSY A., BALOCHE S., MESMER-DUDONS N., GONZALEZ P., BOURDINEAUD J.-P. & MASSABUAU J.-C. 2008 – How cadmium could compromise the completion of the European eel's reproductive migration. *Environmental Science and Technology*, 42, pp. 4607-4612.

Magalie BAUDRIMONT, Patrice GONZALEZ, Alexia LEGEAY, Nathalie MESMER-DUDONS, Julie CHEVALIER, Bénédicte PÉCASSOU & Romain PAPIN-VINCENT : Université de Bordeaux, UMR CNRS EPOC 5805, Ecotoxicologie Aquatique, Station Marine, Arcachon, France
m.baudrimont@epoc.u-bordeaux1.fr
Éric GOURSOLLE : Université de Bordeaux, UMR CNRS EPOC 5805, Ecotoxicologie Aquatique, Station Marine, Arcachon, France, DREAL Dordogne, Périgueux, France
eric.goursolle@agriculture.gouv.fr



Influence du climat et de l'environnement sur la croissance coquillière de la moule perlière en Bretagne

Julien THÉBAULT, Clémence ROYER, Aurélie JOLIVET, Pierre-Yves PASCO, Marie CAPOULADE, Philippe MASQUELIER & Laurent CHAUVAUD



Jo Thébault

J. Thébault

La moule perlière (*Margaritifera margaritifera*) est une espèce de bivalve longévive ayant une vaste aire de répartition, couvrant les rivières européennes ainsi que l'est de l'Amérique du Nord (Geist, 2010). Elle est, depuis 1996, classée « en danger d'extinction » sur la liste rouge de l'UICN. Au cours du siècle dernier, les effectifs de moules ont chuté de 90 % en Europe (Geist, 2010) et de 99 % en Bretagne, qui représente l'une des deux régions françaises hébergeant encore des populations en bonne santé (Cochet, 1998).

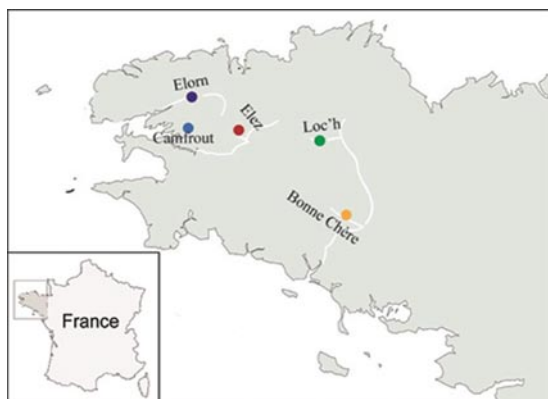
La conservation de cette espèce repose sur une bonne connaissance de sa biologie, et notamment de sa croissance qui peut être déduite de l'analyse des lignes concentriques visibles à la surface des coquilles et à l'intérieur des valves (striation interne visible en coupe sagittale). Rypel *et al.* ont démontré que le rythme de formation de ces marques était annuel, avec un ralentissement de croissance durant l'hiver (Rypel *et al.*, 2008).

Cette étude a pour objectif d'étudier la croissance coquillière de la moule dans plusieurs populations bretonnes au cours de la deuxième moitié du XX^e siècle via l'analyse des marques internes, et d'effectuer des comparaisons avec d'autres populations européennes. Un autre objectif est d'étudier l'influence du climat et de l'environnement sur la croissance coquillière en comparant des indices de croissance standardisés (SGI) avec plusieurs variables climatiques et environnementales.

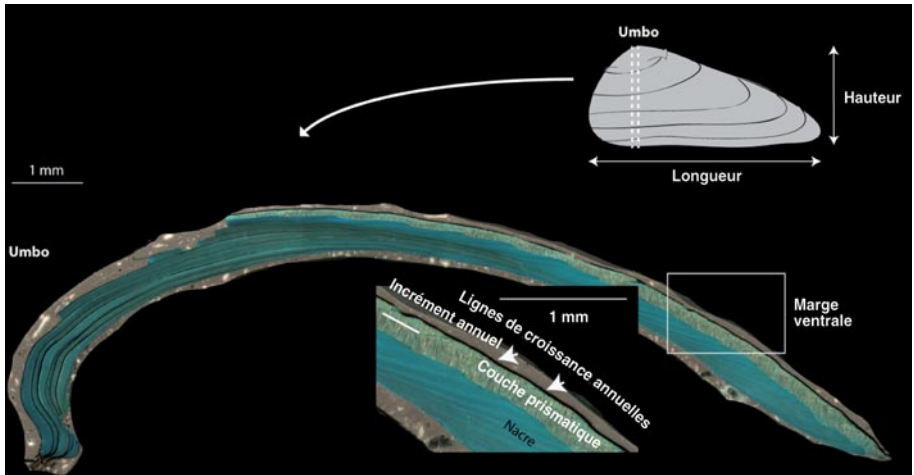
5 rivières bretonnes [1]. Seules les coquilles mortes en bon état de conservation ont été analysées. Leur valve gauche a ensuite été préparée selon des techniques de sclérochronologie décrites par Thébault *et al.* afin d'obtenir une coupe sagittale de 1 mm d'épaisseur par individu (Thébault *et al.*, 2009). Les taux de croissance annuels ont été estimés en

Matériel et méthodes

Soixante-huit coquilles de *M. margaritifera* ont été collectées entre 1996 et 2011 dans



[1] Carte des sites de prélèvements : (1) Elorn, (2) Camfrout, (3) Elez, (4) Loc'h et (5) Bonne Chère



[2] Axes de mesures morphométriques sur les coquilles (en haut à droite) et coupe sagittale d'une coquille après immersion dans la solution de Mutvei (en bas)

mesurant la largeur de chaque incrément de croissance visible dans la couche externe sur les coupes sagittales de tous les individus. Une année de formation a ensuite été attribuée à chaque incrément par rétro-calcul à partir de la date de mort de l'individu [2].

À des fins de comparaison avec d'autres populations européennes, la croissance coquillière a été modélisée dans chaque population bretonne à l'aide du modèle général de Von Bertalanffy. La taille maximale observable (L_{∞}) et le coefficient de croissance (k) de ce modèle ont ensuite été utilisés pour calculer un indice de performance de croissance ϕ' (Pauly & Munro, 1984). Ce dernier a été calculé (1) pour chaque population bretonne, (2) pour la Bretagne, en regroupant les données des 5 populations, et (3) pour d'autres populations européennes précédemment étudiées.

La largeur des incréments annuels diminuant naturellement avec l'âge de l'organisme, ces derniers ne peuvent être utilisés sans correction de cette tendance ontogénique si l'on souhaite (1) comparer les anomalies de croissance annuelles entre individus d'âges différents, et (2) isoler des signaux environnementaux. Pour ce faire, des indices de croissance standardisés (SGI) ont été calculés. Ces indices reposent sur le calcul d'un rapport entre la largeur des incréments observée

et prédite par le modèle de Von Bertalanffy. Ce rapport a été calculé pour chaque incrément annuel et chaque coquille (Schöne, 2003).

Les données physico-chimiques des rivières ont été obtenues sur le site internet Osurweb¹, à l'exception de celles du Camfrout (réseau rade de Brest²). Les valeurs de température de l'air ont été obtenues sur le site internet du European Climate Assessment and Dataset³. Quant à l'indice climatique AMO⁴, ses variations inter-annuelles ont été obtenues auprès de la NOAA⁵. Cet indice est connu pour affecter le climat estival européen, la température atmosphérique, la fréquence des événements extrêmes et l'écologie des organismes.

Résultats

La coquille la plus âgée a été trouvée sur l'Elez (66 ans) et la plus jeune sur le Bonne Chère (10 ans). En moyenne, les individus étaient âgés de 42 ans à leur mort. Les populations de l'Elez et du Loc'h sont caractérisées par des faibles L_{∞} et des valeurs de k assez élevées, à l'opposé de celles du Bonne Chère et de l'Elorn [Tableau 1][3]. Pour la Bretagne dans son ensemble, les paramètres de croissance de Von Bertalanffy sont de

1 - Osurweb : site Internet de l'Agence de l'eau Loire-Bretagne : www.eau-loire-bretagne.fr

2 - Réseau rade de Brest : www.rade-brest.fr

3 - European Climate Assessment and Dataset (Réseau d'évaluation du climat européen, réalisée dans les stations météorologiques d'une cinquantaine de pays de l'Europe et de la région méditerranéenne) : <http://eca.knmi.nl>

4 - AMO : Atlantic Multidecadal Oscillation (oscillation atlantique multidéennale : OAM)

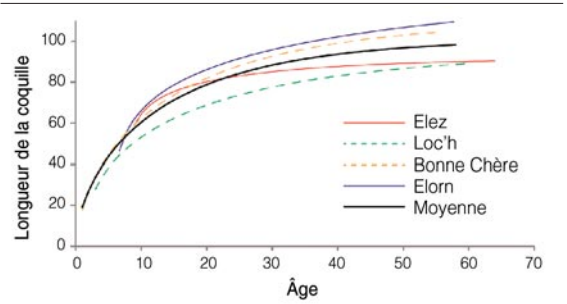
5 - NOAA : National Oceanic and Atmospheric Administration (Agence américaine d'observation des espaces océaniques et atmosphériques aux États-Unis) : www.esrl.noaa.gov

Rivière	L_{∞} (mm)	k (an ⁻¹)	ϕ'
Bonne-Chère	104	0,068	2,87
Elez	88	0,11	2,92
Elorn	110	0,047	2,76
Loc'h	79	0,12	2,87
Bretagne	105,8	0,069	2,89

[Tableau 1] Paramètre de croissance de Von Bertalanffy pour les populations de moules bretonnes

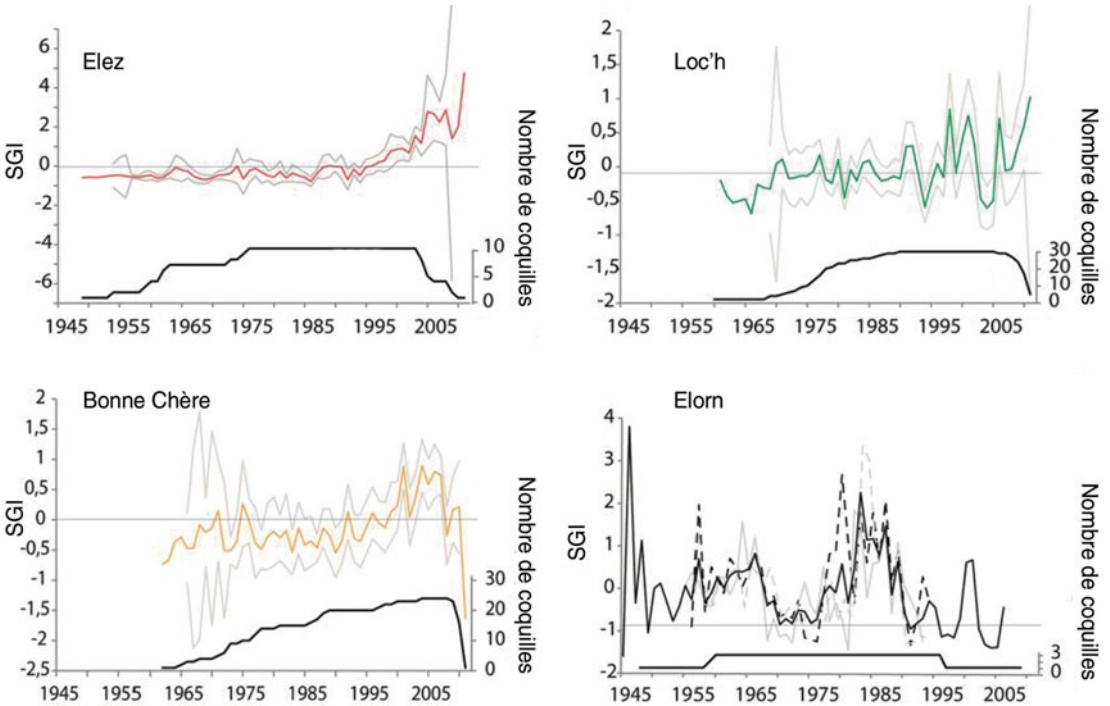
105,8 mm pour L_{∞} et de 0,069 an⁻¹ pour k , ce qui donne une valeur de ϕ' de 2,89 [Tableau 1]. À l'échelle européenne, ces valeurs vont de 2,51 (nord de la Finlande) à 3,02 (Irlande). Une relation inverse statistiquement significative a été trouvée entre la latitude et ϕ' ($r^2 = 0,67$, $p < 0,05$), tandis que ϕ' est positivement corrélé à la température de l'air ($r^2 = 0,8$, $p < 0,01$).

La chronologie moyenne des SGI des coquilles de l'Elez, du Loc'h et du Bonne Chère présente une phase négative



[3] Modèles de croissance de Von Bertalanffy pour 4 populations bretonnes, et pour l'ensemble de la Bretagne (tous sites confondus)

jusqu'en 1995-1996, suivie d'une phase positive. La population de l'Elorn présente, quant à elle, une phase négative entre 1968 et 1979, et deux phases positives sur les périodes 1946-1967 et 1980-1989 [4]. Les chronologies de l'Elez, de l'Elorn et du Loc'h sont positivement corrélées à la température de l'eau ($0,52 > r > 0,89$, $p < 0,05$). De plus, des corrélations positives ont été trouvées entre ces SGI et (i) la conductivité minimum de l'eau de l'Elez ($r = 0,88$, $p < 0,05$), et (ii) le débit moyen de l'Elorn ($r = 0,74$, $p < 0,001$).



[4] Chronologies moyennes des SGI avec leurs intervalles de confiance à 95%. En ordonnée, le nombre de coquilles est utilisé pour construire la chronologie.

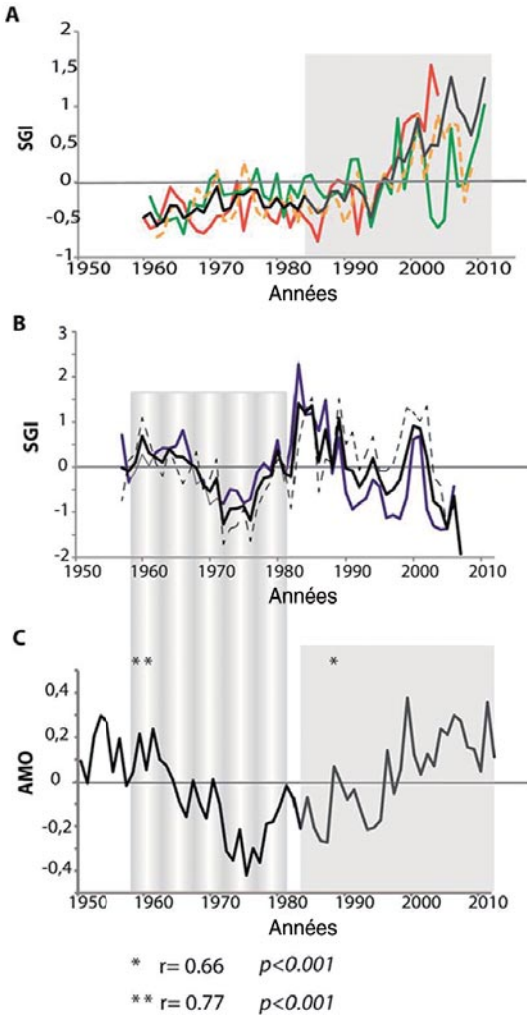
Les 5 populations peuvent finalement être classées en deux groupes selon la forme de leurs courbes de SGI, chaque groupe étant corrélé à une période donnée de l'AMO : (i) Elez, Bonne Chère et Loc'h [5a], et (ii) Elorn et Camfrout [5b]. Jusqu'au début des années 1980, une corrélation

forte ($r = 0,77$; $p < 0,001$) a été observée entre l'AMO et les SGI des coquilles de l'Elorn et du Camfrout [5c]. Par la suite, les profils de l'AMO et des SGI ne se suivent plus et l'AMO se retrouve alors mieux décrite par les SGI des coquilles de l'Elez, du Loc'h et du Bonne Chère ($r = 0,66$; $p < 0,001$).

Discussion

De précédentes études sur la croissance coquillière ont mis en évidence deux stratégies de croissance chez *M. margaritifera* le long du gradient latitudinal européen : une croissance forte au stade juvénile permettant d'atteindre rapidement la taille maximale (k élevé, faible L_{∞}), et une croissance plus faible mais plus longue permettant d'atteindre une taille maximale plus élevée (faible k , L_{∞} élevé) (Bauer, 1992). Ces deux stratégies pourraient être liées aux variations de température le long de ce gradient, avec une croissance plus forte au stade juvénile aux basses latitudes (température moyenne assez élevée) et une taille maximale plus élevée aux hautes latitudes (température moyenne plus faible). Les températures élevées conduiraient à une augmentation de l'activité métabolique et donc à une production carbonatée plus rapide. Les chronologies moyennes des SGI démontrent également que la température est le facteur environnemental affectant le plus la croissance coquillière dans les populations de l'Elorn, de l'Elez et du Loc'h. Toutefois, ces populations présentent des chronologies assez différentes, suggérant que les conditions locales telles que la qualité de l'eau pourraient aussi influencer la croissance.

La population de l'Elez est située entre l'excéntrale nucléaire de Brennilis et un barrage construit en 1936. Bien que la concentration en nitrates y soit un ordre de grandeur en dessous des valeurs de nombreuses autres rivières bretonnes, la concentration en chlorophylle a peut y atteindre des valeurs élevées ($6,25 \mu\text{g.l}^{-1}$). La nourriture y est donc assez abondante pour pouvoir assurer un métabolisme élevé et la concentration en nitrates suffisamment faible pour ne pas trop affecter la survie des mulettes, expliquant ainsi la forte valeur de k . La gestion du barrage a radicalement changé à la fin du siècle dernier afin d'avoir un débit de l'Elez moins variable et plus régulé. Cette régulation pourrait expliquer l'augmentation des SGI à la fin du XX^e siècle et l'absence de relation significative avec des oscillations climatiques comme l'AMO avant cette date.



[5] Chronologies moyennes classées en deux groupes :
A : Elez (rouge), Loc'h (vert), Bonne Chère (jaune) et courbe moyenne (noir) ;
B : Elorn (violet), Camfrout (pointillés) et courbe moyenne (noir) ;
C : Évolution temporelle de l'AMO entre 1950 et 2010 et corrélations entre cet indice et les SGI des deux groupes de populations.

Les chronologies de SGI des populations du Loc'h et du Bonne Chère présentent globalement la même tendance que celle de l'Elez, avec une augmentation au début des années 1990, en phase avec une augmentation de l'AMO. Toutefois, cette augmentation des SGI y est plus faible que sur l'Elez. D'autre part, la profondeur d'échantillonnage (« sample depth ») est assez faible avant 1970, mettant en doute la robustesse des chronologies de SGI avant cette date, et expliquant ainsi probablement le manque de relation avec l'AMO entre les années 1950 et le milieu des années 1970. Si l'on restreint les chronologies du Loc'h et du Bonne Chère à la période 1970-2010, une forte corrélation positive est alors observée avec l'AMO. Il est probable que les conditions locales dans ces rivières soient relativement favorables à la croissance des moules, et que ce soit principalement les variations climatiques qui contrôlent la croissance coquillière. Cette hypothèse est renforcée par la présence d'épisodes de recrutement de jeunes moules dans ces rivières.

Les chronologies des SGI de l'Elorn et du Camfrout présentent, quant à elles, des profils très différents de ceux des autres populations, avec une bonne corrélation SGI-AMO jusqu'au milieu des années 1980. Passée cette date, les SGI décroissent dramatiquement jusqu'à la fin des années 2000. Ce changement brutal pourrait être lié à des modifications de la concentration en nitrates dans l'Elorn au cours des 40 dernières années (de 5 mg.l⁻¹ vers la fin des années 1960 à près de 50 mg.l⁻¹ au milieu des années 1990). Les SGI retracent assez fidèlement les variations de l'AMO jusque dans les années 1980, quand la qualité de l'eau était encore relativement bonne, mais il est probable que les mauvaises conditions environnementales locales aient joué un rôle plus important que le climat sur la croissance coquillière passée cette date.

En conclusion, les chronologies de SGI construites à partir des coquilles de moules perlières peuvent être considérées comme de bons indicateurs pour la reconstruction des oscillations climatiques passées telles que l'AMO, du moins tant que les conditions environ-

nementales locales restent stables (par exemple, le débit des rivières) et dans les limites de tolérance écologique de l'espèce (par exemple, la concentration en nitrates). Si ces conditions ne sont pas respectées, alors les conditions environnementales locales exerceront probablement un contrôle plus important que le climat sur la croissance coquillière de *M. margaritifera*. ■

Bibliographie

BAUER G. 1992 – Variation in the life span and size of the freshwater pearl mussel. *Journal of Animal Ecology*, 61, pp. 425-436.

COCHET G. 1998 – *Inventaire des cours d'eau à Margaritifera margaritifera en France*. Rapport Ministère de l'Environnement, Direction de l'Eau, 15 p.

GEIST J. 2010 – Strategies for the conservation of endangered freshwater pearl mussels (*Margaritifera margaritifera* L.): a synthesis of Conservation Genetics and Ecology. *Hydrobiologia*, 644, pp. 69-88.

PAULY D. & MUNRO J.L. 1984 – Once more on the comparison of growth in fish and invertebrates. *Fishbyte*, 2, p. 21.

RYPEL A.L., HAAG W.R. & FINDLAY R.H. 2008 – Validation of annual growth rings in freshwater mussel shells using cross dating. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 65, pp. 2 224-2 232.

SCHÖNE B.R. 2003 – A “clam-ring” master-chronology constructed from a short-lived bivalve mollusc from the northern Gulf of California, USA. *The Holocene*, 13, pp. 39-49.

THÉBAULT J., SCHÖNE B.R., HALLMANN N., BARTH M. & NUNN E.V. 2009 – Investigation of Li/Ca variations in aragonitic shells of the ocean quahog *Arctica islandica*, northeast Iceland. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 10 (12) : Q12008.

Julien THÉBAULT*, Clémence ROYER, Aurélie JOLIVET & Laurent CHAUVAUD : Université de Brest, Institut Universitaire Européen de la Mer, Laboratoire des sciences de l'environnement marin, Plouzané, France
* Auteur à contacter : julien.thebault@univ-brest.fr

Pierre-Yves PASCO & Marie CAPOULADE : Bretagne Vivante – SEPNEB, Brest, France
Philippe MASQUELIER : Brest Métropole, Brest, France

Session 4

De la gestion des populations à la gestion des bassins versants

- ▶ **Restauration de l'habitat de la moule perlière d'eau douce en Basse-Saxe : une vue d'ensemble de 40 ans de mesures conservatoires**

Reinhard ALTMÜLLER

- ▶ **Mesures de conservation de la moule perlière d'eau douce du fleuve Dee, au nord-est de l'Écosse**

Susan COOKSLEY, Lorraine HAWKINS, Jackie WEBLEY & Iain SIME

- ▶ **Restauration de l'habitat à moule perlière dans le Morvan (France) : expérimentation de techniques douces**

Nicolas GALMICHE

- ▶ **Dynamique fluviale, érosion des berges et charge de sédiments fins dans les habitats à moule perlière**

Robert VANDRÉ & Christine SCHMIDT

- ▶ **Suppression de la protection des berges pour restaurer l'hydromorphologie et l'habitat des salmonidés, en vue de conserver la moule perlière d'eau douce dans une rivière d'un *Upland* écossais dont le lit est en graviers**

Kenneth MACDOUGALL, Hannah BARKER, Stephen ADDY & Susan COOKSLEY



Restauration de l'habitat de la moule perlière d'eau douce en Basse-Saxe : une vue d'ensemble de 40 ans de mesures conservatoires

Reinhard ALTMÜLLER



R. Altmüller

A. Steinmann

Autrefois, la moule perlière d'eau douce (*Margaritifera margaritifera*) vivait dans cinq bassins versants de la lande de Lunebourg située en Basse-Saxe (Taube, 1766). Le premier inventaire de la moule perlière d'eau douce dans cette région eut lieu dans les années 1930, et les résultats montrèrent qu'à peine 50 000 spécimens avaient survécu dans un bassin versant de la rivière Lachte et de son affluent, la rivière Lutter (Wellmann, 1938).

Dans les années 1960, le médecin W.D. Bischoff s'intéressa à la moule perlière d'eau douce et devint un spécialiste réputé dans le domaine de la conservation de l'espèce (Altmüller *et al.*, 2001). Sa passion de toute une vie pour ces coquillages, à la fois intéressants et importants, l'a amené à jouer un rôle central dans ce qui s'est avéré être un plan d'action long et fructueux pour la mise en œuvre et l'amélioration de mesures de protection de la moule perlière d'eau douce en Basse-Saxe.

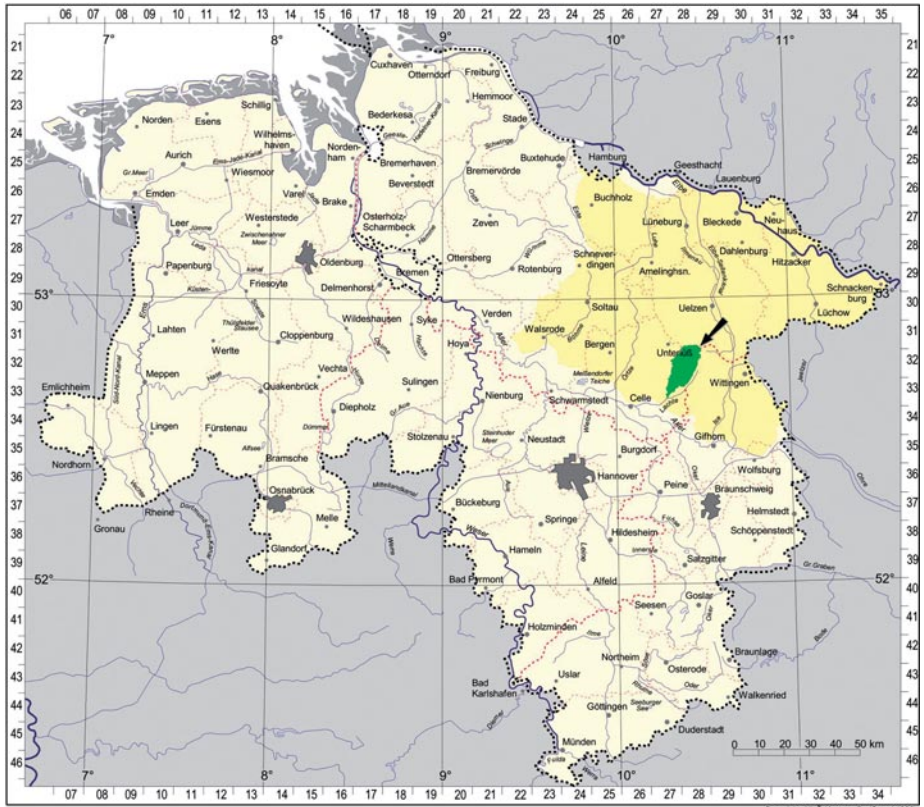
La rivière Lutter, l'habitat des dernières moules perlières d'eau douce en Basse-Saxe

La rivière Lutter se situe dans la partie sud de la lande de Lunebourg au nord-ouest de la Basse-Saxe [1]. Le bassin versant de la rivière Lutter s'étend sur une zone d'environ 150 km² dont 75 % est couverte de forêts, pour une faible densité démographique avec environ 13 habitants par km². La rivière a une longueur totale d'environ 26 km, avec une partie semi-naturelle en aval d'environ 7 km de long qui abrite la population de moule perlière d'eau douce.

Étude de la biologie de reproduction de la moule perlière en vue d'augmenter la production de perles

Après avoir découvert qu'il restait à peine 3 000 moules perlières d'eau douce, Bischoff décida d'élever des moules pour la production de perles. Toutefois, les informations à ce sujet étant quasi absentes à cette époque, il a dû étudier la biologie de reproduction de la moule perlière avant de pouvoir atteindre son objectif.

Ainsi, un canal expérimental fut construit dans la rivière Lutter en 1968 pour



[1] La Basse-Saxe et sa capitale, Hanovre. Au nord-est, la lande de Lünebourg (en jaune) et le bassin versant de la rivière Lutter (en vert) sont représentés.

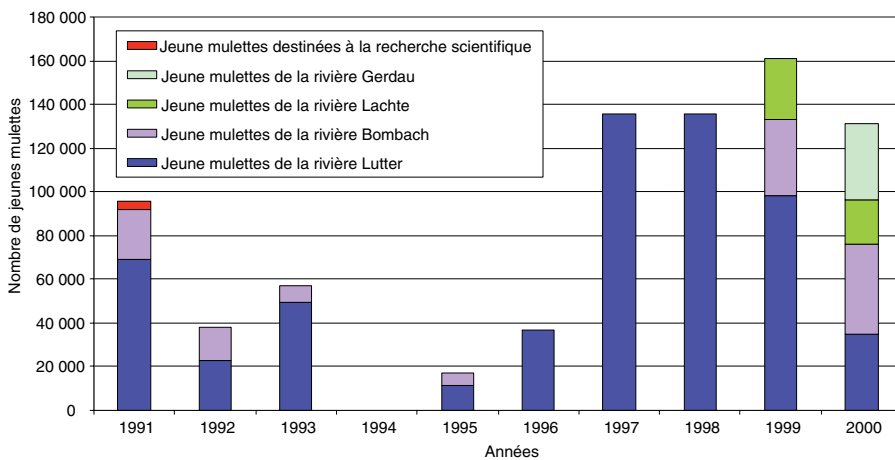
constituer une petite dérivation dans un méandre, à environ 1 km en amont de l'embouchure de la rivière Lachte (Bischoff, 1971). Les chercheurs Bischoff et Utermark (le second était encore étudiant à l'époque) ont montré que la truite fario était le seul poisson-hôte convenable pour la reproduction des mulettes perlères dans le bassin versant de la rivière Lutter (Utermark, 1973 ; Bischoff & Utermark, 1976). Ils ont également démontré que la phase parasitaire des glochidies de la mulette perlère durait à peu près dix mois, et non un mois comme on le croyait auparavant (Bischoff & Utermark, 1976).

Mise en contact artificielle de la truite fario pour produire de jeunes mulettes perlères

Après que Bischoff et Utermark eurent découvert les secrets de la biologie de reproduction de l'espèce, ils ont cherché à augmenter la production de jeunes mulettes. Pour ce faire, des truites farios d'élevage (âgées de 3 à 4 ans) ont été artificiellement mises en contact avec des glochidies de

mulettes perlères entre 1972 et 2000. Après environ neuf mois passés en éclosérie dans un étang, la plupart des poissons ont été relâchés dans la rivière Lutter. De 1986 à 2000, une partie de cette population de truite fario a été conservée en laboratoire pour recueillir les jeunes mulettes émergentes initialement destinées à la recherche scientifique (Buddensiek, 1991). De 1991 à 2000, les jeunes mulettes récoltées ont été libérées dans différents cours d'eau [2].

De 1985 à 2001, des pêches électriques ont été menées pour la capture de truites farios sauvages dans la partie inférieure de la rivière Lutter, longue de 7 km. Les spécimens dont la taille était comprise entre 10 et 30 cm étaient mis en contact avec des glochidies de mulettes perlères. Au total, quelques 9 500 truites fario ont été mises en contact avec environ 25 millions de glochidies [3]. Suite à la découverte de jeunes mulettes dans cette partie du cours d'eau, cette opération de pêche électrique a été interrompue à partir de 2001 pour éviter tout dommage potentiel sur les bivalves, notamment à cause du piétinement causé par les pêcheurs dans le cours d'eau.



[2] Nombre de jeunes mulettes perlières d'eau douce recueillies en laboratoire après qu'elles se soient détachées des poissons-hôtes. Les jeunes mulettes avaient été introduites dans la rivière Lutter pour soutenir la population déjà présente et dans trois autres rivières pour des expériences de réintroduction.

Les années 1980 : une période peu favorable aux mesures de protection des espèces artificielles, mais qui a vu naître de nouvelles connaissances en terme d'écologie fluviale

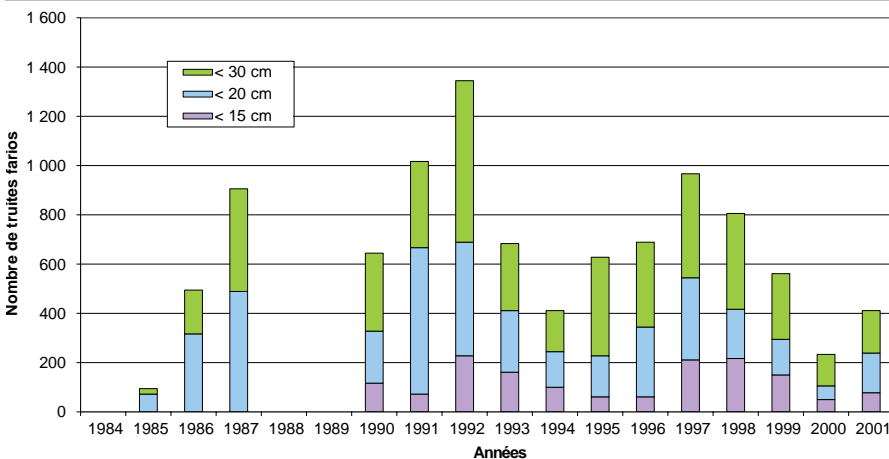
Les rares jeunes mulettes qui subsistaient encore dans les années 1980 (R. Dettmer, comm. pers.) furent anéanties par une grande quantité de sable accumulée en amont à cause de la chute d'un arbre.

Cet accident a confirmé que les déplacements de sable posaient un problème majeur pour les espèces vivant au fond de la rivière. Depuis 1985, les opérations de terrain comme les pêches électriques nous ont permis d'approfondir

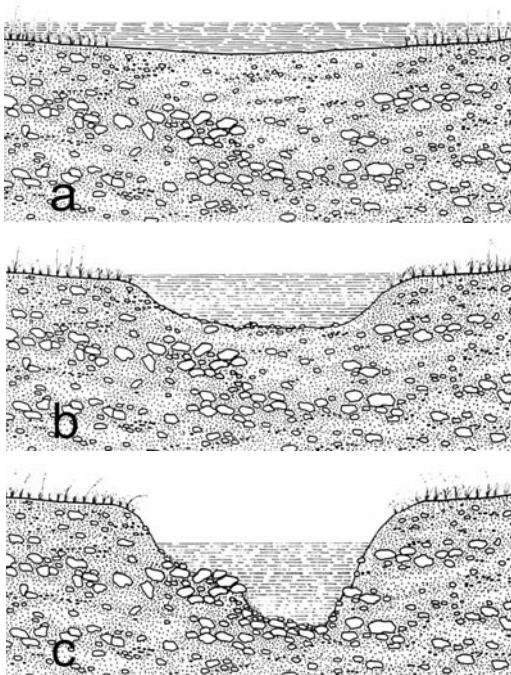
les connaissances sur ce sujet lors de traversées de rivières à gué. La position des bancs de sable changeait chaque année. Des étendues recouvertes de graviers une année, étaient recouvertes de sable l'année suivante, et vice versa.

Par la suite, Buddensiek a montré dans sa thèse que le sable recouvrant les graviers au fond des rivières empêchait le renouvellement de l'eau de la zone interstitielle, générant ainsi des conditions mortelles pour la faune interstitielle typique (Buddensiek, 1991 ; Buddensiek *et al.*, 1993).

Les grandes quantités de sable sont d'origine humaine. Le développement ou



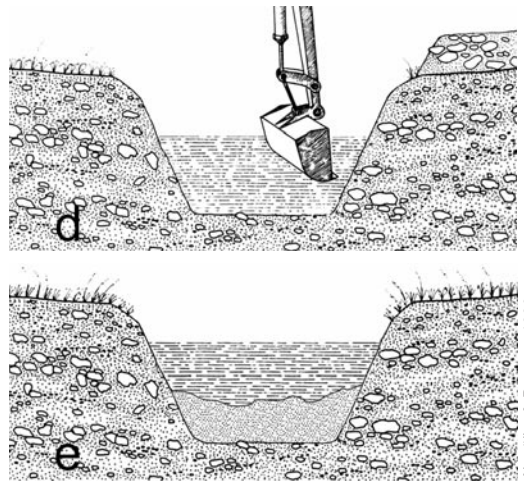
[3] Nombre de truites farios sauvages capturées dans les 7 km de la partie inférieure semi-naturelle de la rivière Lutter et colonisées par des glochidies de mulettes perlières



[4a, b et c] Développement, ou genèse, d'un ruisseau dans la lande de Lunebourg suivant un processus d'érosion avec la formation d'un fond de rivière plutôt stable, constitué principalement de graviers et de pierres (la zone située entre les graviers et les pierres – le milieu interstitiel – constitue l'habitat principal de la faune de la rivière)

« genèse » de la rivière suit un processus d'érosion (Altmüller & Dettmer, 1996). Chaque année ou presque, à la fin de l'hiver, une « mini genèse de la rivière » peut être observée dans les bassins versants des rivières Lachte et Lutter situés sur des terres arables, suite à l'érosion causée par le ruissellement de surface.

Le développement naturel des cours d'eau dans la lande de Lunebourg est comparable à ces canaux d'érosion [4a, b et c]. Les moraines de fond forment le paysage. Des particules de différentes tailles constituées de ce matériau morainique ont été emportées vers l'aval et les particules les plus lourdes sont restées sur place et constituent un fond de rivière plutôt stable. Ce fond stable avec ses espaces situés entre graviers et pierres – le milieu interstitiel – constitue l'habitat de la plus grande partie de la biocénose de la rivière, en particulier pour les jeunes mulettes perlières. Travaux fluviaux et maintenance [4d] provoquent une destruction irréversible du fond de la rivière et entraînent le sable dans le cours d'eau [4e]. Le sable à la dérive obstrue et couvre



[4d] Cette partie de la rivière, pourtant essentielle, est endommagée de manière irréversible par les opérations d'entretien, et en particulier par les machines.

[4e] L'élimination du fond graveleux de protection de la rivière déclenche l'érosion du sable dans le cours d'eau.

les tronçons en aval, ainsi que les sections quasi-naturelles, et par conséquent endommage l'écosystème de la rivière jusqu'à la mer.

Les informations toujours plus nombreuses sur le développement de la rivière et les conséquences néfastes des travaux et opérations de maintenance constituent la base des mesures de protection suivantes, ce qui devraient permettre d'enrayer l'extinction de la mulette perlière.

La baisse des travaux de maintenance de la rivière et la réduction de la dérive des sédiments sont indispensables au succès des mesures de protection des espèces, et notamment de la mulette perlière d'eau douce à travers le projet « Lutter ».

Réduire la dérive des sédiments était certainement la mesure la plus importante à prendre pour aider les jeunes mulettes à survivre dans le milieu interstitiel. Cependant, ces mesures sont difficiles à mettre en œuvre en Basse-Saxe : l'entretien des cours d'eau est une obligation légale pour les associations, et les propriétaires terriens sont en droit d'exiger un niveau d'eau prédéfini pour leurs terres.

Acheter les plaines inondables et les zones humides était le seul moyen efficace de stopper les travaux d'excavation des cours d'eau naturels et semi-naturels dans le bassin versant de la rivière Lutter, et ainsi

sauver les populations de mulette perlière d'eau douce. Par conséquent, en 1989, les administrations de Celle et Gifhorn ont présenté une demande de financement pour un projet de conservation de la nature (le projet « Lutter ») visant à protéger la rivière Lutter et sauver la mulette perlière (Abendroth, 1993). La demande a été déposée dans le cadre du programme « Riparian Land » du gouvernement allemand (Scherfose, 2002).

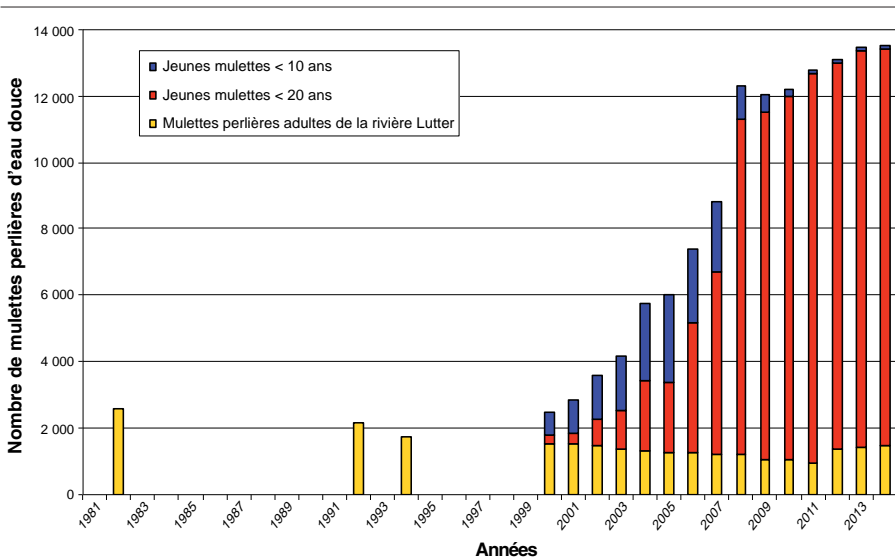
La demande de subvention a été approuvée et le financement de 16,5 millions d'euros a été obtenu. Le projet « Lutter » a été mené entre 1989 et 2006 par les administrations des deux arrondissements et appuyé par des experts de différents domaines et administrations. Acheter les plaines inondables et les terres humides fut l'action la plus importante jamais entreprise.

La charge en sédiments fins observée dans les cours inférieurs de la rivière Lutter a baissé considérablement après que les responsables du projet aient acheté les droits d'un vieux Moulin dans le village d'Eldingen en 1992. Depuis lors, les rejets de sables en aval du moulin ont cessé et, sur environ 7 km en aval, la rivière a été débarrassée de sa couche de sable (Altmüller & Dettmer, 2006). Le substrat de roches et de graviers est réapparu, prêt à être colonisé de nouveau par la faune et la flore. Les espèces typiques d'un ruisseau naturel ont immédiatement recommencé à coloniser le fond de la rivière. Une illustration de ce phénomène

est le taux de reproduction élevé des vairons (*Phoxinus phoxinus*) enregistré en 1994 (Altmüller & Dettmer, 2006).

Les mulettes perlières d'eau douce ont réagi beaucoup plus tard que les vairons à cette amélioration du milieu interstitiel. Les premières coquilles de jeunes mulettes ont été observées en 1997 (Altmüller & Dettmer, 2000). En 2000, l'auteur a lancé le programme de surveillance intitulé « Développement des populations de mulette perlière dans la rivière Lutter avec masque et tuba ». Chaque année, les 7 km de rivière en aval du moulin sont minutieusement scrutés, une moitié à la fois [5].

Si une croissance accrue des individus de mulette a été observée les premières années, cette croissance est pratiquement tombée à zéro depuis 2008. La raison de ce phénomène n'est pas claire. Il semblerait que le courant de certains tronçons de la rivière a changé et que certains fonds subissent un flux plus rapide qu'avant. Certains habitats sont maintenant obstrués par la boue et les mulettes sont mortes. Toutefois, d'autres parties du fond de la rivière semblent s'être développées en habitats appropriés pour les jeunes mulettes. Globalement, on peut dire que la mulette perlière d'eau douce a de bonnes chances de survie dans la rivière Lutter. En outre, le moment est venu d'utiliser cette population croissante pour réintroduire l'espèce dans d'anciens ruisseaux à mulette grâce à un projet novateur lancé en 2009. ■



[5] Développement de la population de mulette perlière d'eau douce dans la rivière Lutter

Bibliographie

ABENDROTH D. 1993 – Errichtung und Sicherung schutzwürdiger Teile von Natur und Landschaft mit gesamtstaatlich repräsentativer Bedeutung. Projekt Lutter: Die Lutter – ein Heidefließgewässer in den Landkreisen Celle und Gifhorn, Niedersachsen. *Natur und Landschaft*, 66, 1, pp. 24-28.

ALTMÜLLER R. & DETTMER R. 1996 – Unnatürliche Sandfracht in Geestbächen – Ursachen, Probleme und Ansätze für Problemlösungen – am Beispiel der Lutter. *Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen*, 16, 5, pp. 222-237, <http://www.nlwkn.niedersachsen.de/naturschutz/38969.html#Lutter>

ALTMÜLLER R. & DETTMER R. 2000 – Erste Erfolge beim Arten- und Biotopschutz für die Flußperlmuschel (*Margaritifera margaritifera* L.) in Niedersachsen. *Natur und Landschaft*, 75, 9/10, pp. 384-388.

ALTMÜLLER R. & DETTMER R. 2006 – Erfolgreiche Artenschutzmaßnahmen für die Flußperlmuschel *Margaritifera margaritifera* L. durch Reduzierung von unnatürlichen Feinsedimentfrachten – Erfahrungen im Rahmen des Lutterprojekts. *Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen*, 26, 4, pp. 192-204, <http://www.nlwkn.niedersachsen.de/naturschutz/veroeffentlichungen/42325.html> (English version)

ALTMÜLLER R., BUDDENSIEK V., DETTMER R., UTERMARK W. & WÄCHTLER K. 2001 – Nachruf. Wolf Dietrich Bischoff: 12. August 1918 - 21. November 1999. In Wasserwirtschaftsamt Hof & Albert-Ludwigs-Universität Freiburg (Hrsg.), *Die Flußperlmuschel in Europa – Bestandssituation und Schutzmaßnahmen. Ergebnisse des Kongresses vom 16.-18.10.2000*, Hof, pp. 209-214.

BISCHOFF W.-D. 1971 – Die Flußperlmuschel in der Lüneburger Heide – ein Versuch ihrer Erhaltung. *Mitteilungen der deutschen malakozoologischen Gesellschaft*, 21, 2, pp 303-305.

BISCHOFF W.-D. & UTERMARK W. 1976 – Die Flußperlmuschel in der Lüneburger Heide, ein Versuch ihrer Erhaltung. In: Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, L. u. F. (Hrsg.). *30 Jahre Naturschutz und Landschaftspflege in Niedersachsen*, pp. 190-204.

BUDDENSIEK V. 1991 – *Untersuchungen zu den Aufwuchsbedingungen der Flußperlmuschel*

Margaritifera margaritifera LINNAEUS (*Bivalvia*) in ihrer frühen postparasitären Phase. Dissertation Fachbereich Biologie, Universität Hannover. 288 p.

BUDDENSIEK V., RATZBOR G. & WÄCHTLER K. 1993 – Auswirkungen von Sandeintrag auf das Interstitial kleiner Fließgewässer im Bereich der Lüneburger Heide. *Natur und Landschaft*, 68, 2, pp. 47-51.

SCHERFOSE V. 2002 – Naturschutzgroßprojekte und Gewässerrandstreifenprogramm des Bundes. Förderprogramm zur Errichtung und Sicherung schutzwürdiger Teile von Natur und Landschaft mit gesamtstaatlich repräsentativer Bedeutung. In Konold W., Böcker R. & Hampicke U. (Hrsg.), *Handbuch Naturschutz und Landschaftspflege*, 11, 3.3, pp. 1-19.

TAUBE J. 1766 – Sechste Abhandlung. Von den Perlen-Muscheln in den Bächen des Herzogthums Zelle. In Taube J., *Beiträge zur Naturkunde des Herzogthums Zelle*. Erster Band, pp. 76-88.

UTERMARK W. 1973 – *Untersuchungen über die Wirtsfischfrage für die Glochidien der Flußperlmuschel Margaritifera margaritifera* L. Wissenschaftliche Hausarbeit zur Prüfung für das Höhere Lehramt, Institut für Zoologie, Tierärztliche Hochschule Hannover, 76 p.

WELLMANN G. 1938 – Untersuchungen über die Flußperlmuschel (*Margaritifera margaritifera* L.) und ihren Lebensraum in Bächen der Lüneburger Heide. *Zeitschrift für Fischerei*, 36, 4, pp. 489-603.

Remerciements :

Je souhaite remercier les organisateurs du colloque « Conservation et restauration des populations et de l'habitat de la moule perlière en Europe » pour leur invitation à participer à la conférence de Brest. Je suis très honoré de pouvoir prendre part au travail collectif de l'équipe du projet Lutter, dont les efforts constants et l'engagement sans faille ont largement contribué à sa réussite.

Reinhard ALTMÜLLER : Retraité, ancien membre de l'agence Lower Saxony Water Management, Coastal Defence and Nature Conservation Agency (Gestion de l'eau de Basse-Saxe, de la défense côtière et de la conservation de la nature), Lachendorf, Allemagne
Adresse privée : Römerweg 11, D-29331 Lachendorf, Allemagne



Mesures de conservation de la mulette perlière d'eau douce du fleuve Dee, au nord-est de l'Écosse

Susan COOKSLEY, Lorraine HAWKINS, Jackie WEBLEY & Iain SIME



D. Riley

S. Cooksley

La mulette perlière d'eau douce *Margaritifera margaritifera* était une espèce autrefois très répandue au Royaume-Uni (Cosgrove *et al.*, 2000) mais cette population a connu un sérieux déclin. En Angleterre, en Irlande du Nord et au pays de Galles, elle se limite désormais à quelques sites et on trouve la majorité des individus viables dans 72 cours d'eau en Écosse. Au Royaume-Uni, 26 ZSC¹ ont été désignées pour l'espèce.

Pearls in Peril

Le projet *Pearls in Peril (PIP)* [« Perles en péril »] est un programme européen LIFE+ qui œuvre à la sauvegarde d'importantes populations de mulette perlière en Grande-Bretagne. Vingt-deux organismes travaillent main dans la main pour mettre en œuvre 48 actions sur une zone couvrant 21 ZSC. Le projet *PIP* a pour objectif de : 1) restaurer l'habitat de la mulette perlière et des salmonidés, 2) assurer la survie à long terme des populations existantes de mulette perlière et 3) communiquer avec les publics locaux, nationaux et internationaux pour les sensibiliser aux problématiques de conservation de la mulette perlière. Le projet a démarré en septembre 2012 et va durer 4 ans, jusqu'en septembre 2016. Un des grands chantiers du projet *PIP* concerne le fleuve Dee, au nord-est de l'Écosse.

Le fleuve Dee

Géographie

Le fleuve Dee est l'un des plus grands fleuves du Royaume-Uni. Depuis sa source située à 1 220 m d'altitude, dans le massif des Cairngorms, le fleuve coule à l'est sur 130 km depuis la montagne et la lande, à travers les terres agricoles, pour se jeter dans la mer du Nord au port d'Aberdeen [1]. Le bassin versant de 2 000 km², plutôt inhabituel dans le paysage britannique, est drainé par 17 affluents majeurs. Il est caractérisé par ses hautes terres et ses écosystèmes semi-naturels. Il s'agit d'une zone de conservation exceptionnelle où faune et flore évoluent au cœur d'un système montagneux non pollué. Le Dee et ses affluents sont désignés comme des ZSC en raison de leurs populations importantes de saumon de l'Atlantique, de mulette

1 - ZSC ou zones spéciales de conservation : <http://jncc.defra.gov.uk/>



[1] Bassin versant du fleuve Dee et ses principaux services écosystémiques

perlière et de loutre d'Europe. Le bassin versant est constitué de deux zones géographiques distinctes : à l'ouest une zone de hautes terres dominée par la montagne et la lande, et à l'est une zone de basses terres constituée de terres arables et de prairies améliorées.

Gestion des hautes terres

Les espaces semi-naturels caractérisent la partie supérieure, à l'ouest du bassin versant. Le sol est principalement composé de lande, formant une mosaïque de tourbe et de bruyère sur les pentes supérieures et moyennes, et de bruyère alpine sur les plus hauts sommets. Les sols, le climat et la topographie ne sont pas favorables à une agriculture intensive. À l'inverse, l'élevage ovin extensif ainsi que la chasse aux chevreuils et à la grouse prédominent. Leur gestion, qui implique la technique du « muirburn » (brûlage de la bruyère pour stimuler sa croissance) et le maintien de fortes densités de chevreuils, favorise un paysage de lande ouverte dépourvue d'arbres, leur régénération étant contenue.

Sans couverture forestière, les cours d'eau sont soumis à des températures estivales

élevées et des températures d'eau supérieures à 26°C ont été enregistrées ces dernières années dans le bassin versant du fleuve Dee. Dans les climats nordiques, la muette perlière d'eau douce ne doit pas être exposée à des températures supérieures à 25°C (Hastie *et al.*, 2003), voire même supérieures à 20°C (information non publiée), la limite mortelle pour les jeunes saumons et truites étant de 28°C. Ainsi, les températures enregistrées constituent un sérieux motif de préoccupation et la situation est susceptible de s'aggraver. En effet, en raison du changement climatique, le gouvernement prévoit une augmentation de 4°C des températures moyennes estivales d'ici 2080 (UK Climate Projections UKCP09). L'absence d'arbres favorise également l'érosion, ce qui se traduit par des cours d'eau plus larges et moins profonds, et ces effets sont accentués par les chevreuils et les moutons qui piétinent les berges.

En revanche, la partie supérieure du bassin versant n'est pas entièrement dépourvue d'arbres. On y trouve une proportion importante des quelques vestiges de la pinède calédonienne semi-naturelle d'Écosse. Des forêts de conifères et de

feuillus ont été plantées sur bon nombre de pentes inférieures.

Gestion des basses terres

La moitié inférieure à l'est du bassin versant constitue une mosaïque agricole gérée pour les bovins, les cultures fourragères et les céréales. Le système fluvial de cette zone a été affecté par le drainage extensif des sols et par les changements morphologiques liés aux progrès agricoles. La plupart des cours d'eau ont été réaménagés, et beaucoup sont incisés. Le développement de l'industrie légère dans la région (ex. moulins ou systèmes hydroélectriques de petite taille), dans les années 1800, a impliqué la construction de barrages et de seuils qui ont constitué des obstacles durables à la migration des poissons.

Le fleuve se jette dans la mer au port d'Aberdeen, port international qui accueille jusqu'à 5 millions de tonnes de marchandises, dans des secteurs très variés, chaque année. Aberdeen est l'un des ports les plus actifs de Grande-Bretagne, mais également le centre des opérations marines des industries pétrolières et gazières extracôtières de l'Europe du Nord-Ouest.

Population humaine

La majorité de la population du bassin versant réside dans la ville d'Aberdeen (220 000 habitants), elle-même entourée de banlieues et de zones industrielles légères. Aux alentours, les petites villes se concentrent autour du fleuve, dans les basses terres. Le développement pétrolier des années 1970 a conduit à l'expansion de ces zones habitées. Ainsi, le bassin versant est confronté aux pressions continues qu'engendre la croissance rapide de la population locale, telles que ses besoins accrus en eau potable, en traitement des eaux usées et le développement des infrastructures qui en découle.

Approvisionnement en eau potable et traitement des eaux usées

Le fleuve Dee et ses affluents constituent une ressource en eau essentielle. Deux grands dispositifs de captage fournissent

l'eau potable à toute la ville d'Aberdeen et à plus de la moitié de l'Aberdeenshire, soit 300 000 personnes par jour. Les eaux du fleuve sont également concernées par les rejets d'effluents. Bien que, par le passé, l'accent ait été mis sur une modernisation des usines de traitement des eaux usées, des travaux récents ont montré que les arrivées en provenance des fosses septiques privées étaient, de manière collective, une source importante de nutriments (Withers *et al.*, 2014).

Loisir

De renommée internationale, le fleuve Dee est classé parmi les quatre plus grandes rivières salmonicoles de Grande-Bretagne, notamment pour son saumon de printemps² et pour la pêche estivale du saumon de l'Atlantique, du grilse³ et de la truite de mer. Chaque année, plus de 100 000 pêcheurs visitent la région, ce qui représente un gain de 15 millions de livres pour l'économie locale et le maintien de 500 emplois. Certaines mesures mises en œuvre en faveur de la pêche ont généralisé le renforcement des berges sur le cours principal du fleuve et ont incité à la création de structures dans le cours d'eau lui-même, telles que les déflecteurs de courant.

Le bassin versant est une zone très attractive pour ses activités de plein air : canoë, randonnée, vélo et VTT, camping, escalade et ski. Par conséquent, certaines zones très fréquentées peuvent subir des dégâts liés aux détritiques, aux incendies ou encore à l'érosion.

État du fleuve

Globalement, l'absence d'industrie lourde et d'agriculture intensive est le signe d'un bassin versant en relativement bon état : 22 des 56 cours d'eau sont en « bon » état écologique, et 2 d'entre eux sont en « très bon » état écologique au regard de la directive-cadre sur l'eau⁴. Les deux principales causes de dégradation étant liées aux problèmes morphologiques et aux pollutions en provenance de la source, le fleuve Dee fait l'objet de deux programmes gouvernementaux qui sont ciblés pour répondre à la situation. Les sources de pollution ponctuelle, les captages, les espèces végétales non indigènes et

2 - Saumon de printemps : lors de leur retour en rivière, les saumons de l'Atlantique adultes sont composés de deux classes d'âge, les castillons, qui ont passé un seul hiver en mer et les saumons de printemps, qui ont passé deux hivers en mer.

3 - Grilse : saumon ou truite migratrice précoce, montant en rivière, après avoir atteint la maturité en mer à une taille (et souvent à un âge) beaucoup plus réduite que celle d'un individu adulte normal

4 - Scottish Environment Protection Agency (SEPA) : <http://sepa.org.uk>

envahissantes jouent un rôle important dans certaines étendues d'eau. La mulette perlière d'eau douce exige une telle qualité de l'environnement qu'une amélioration considérable du bassin versant s'avère nécessaire si l'on veut maintenir cette population.

Dee Catchment Partnership

Tous les organismes présentant un intérêt dans la gestion du fleuve Dee sont membres du programme *Dee Catchment Partnership*⁵ [« Partenariat du bassin versant du fleuve Dee »] qui traite des questions complexes du fleuve depuis plus de dix ans. Les vingt organismes partenaires ont publié un plan de gestion (Cooksley, 2007) qui fournit un cadre d'action stratégique commun. Ce partenariat favorise une large prise de conscience et suscite l'échange autour des principaux problèmes. Il coordonne les activités, encourage le développement des projets autour des questions essentielles et fournit une source centrale d'informations et de conseils.

Le Projet Pearls in Peril sur le fleuve Dee

Bien que la population de mulette perlière dans le fleuve Dee soit constituée d'environ 1,3 million d'individus, il s'agit d'une population clairsemée, dont le taux de reproduction n'est plus assez élevé pour assurer le renouvellement des populations. Le déclin de cette dernière est lié à la pollution diffuse et ponctuelle, à la dégradation de l'habitat ainsi qu'à la pêche à la perle, et il est probable que la combinaison de ces facteurs soit responsable de sa situation défavorable. Pour pallier ces problèmes, le projet *PIP* tente de répondre à cinq problématiques du fleuve en adoptant une approche à long terme, basée sur le bassin versant, qui vise l'amélioration des conditions de l'habitat.

Forêt riveraine

Il s'agit d'un programme ambitieux de plantation d'arbres visant à faciliter la naissance d'une forêt naturelle sur 70 km de berges de la partie supérieure du fleuve. L'objectif est de couvrir 40 à 50 % de la

zone riveraine de cet espace. Les arbres offrent une panoplie d'avantages comme la réduction de la température de l'eau dans l'habitat du saumon, la stabilisation des berges et la baisse de l'érosion, une meilleure rétention des eaux de pluie et la réduction des inondations, la création d'un habitat pour la faune, et la formation de matières ligneuses et d'une couche de feuilles mortes dans le cours d'eau.

L'approbation des programmes de plantation a nécessité la collaboration d'un large éventail d'organismes. Une approche ascendante s'est avérée essentielle à chaque étape du travail, impliquant une relation étroite entre les propriétaires et les professionnels. Chacune de ces parties prenantes a ses exigences propres, comme, par exemple, éviter de planter dans certaines zones, rendre nécessaire la construction d'infrastructures appropriées ou planter des arbres de manière adaptée pour respecter le paysage. Différentes méthodes, conçues pour répondre aux besoins des gestionnaires des terres, sont utilisées pour protéger les arbres. Ces méthodes peuvent aller de la pose de petits enclos [2], à la pose de clôtures à distance des berges pour protéger les plantations. Actuellement, 40 km de plantations sont en cours.

Protection riveraine

Le projet *PIP* lutte contre la pollution agricole diffuse dans le bassin versant moyen. Ce projet vise à réduire la quantité de terre, de pesticides et d'engrais dans les cours d'eau et à permettre à la végétation des berges de se développer, par la pose de 45 km de clôtures riveraines. Une zone tampon large de 10 à 12 m et longue d'une dizaine de kilomètres a déjà été mise en place, l'objectif étant d'atteindre 45 km pour 2016.

Restauration de l'habitat

Le projet *PIP* réalise des améliorations morphologiques sur huit sites situés le long du cours principal du fleuve. Les nécessités d'aménagement du cours d'eau sont liées à l'absence de populations de mulette perlière (Cooksley *et al.*, 2012). Les aménagements concernent la suppression d'éléments comme les déflecteurs de courant ou la suppression des dispositifs de protection des berges. Cela contribue à la restauration des processus naturels au

5 - Dee Catchment Partnership : <http://theriverdee.org>



[2] Arbres en bord de cours d'eau nouvellement plantés et protégés par de petits enclos

profit des mulettes perlières en augmentant la quantité d'habitats disponibles. À ce jour, trois déflecteurs de courant, construits à partir de rochers alignés en travers du fleuve, ont été démantelés et les rochers ont été replacés dans le cours d'eau [3].

Surveillance

Les travaux de restauration s'appuient sur un programme de surveillance à long terme visant à déterminer si le projet apporte les résultats escomptés. Sont concernés : les effets du projet sur la qualité et la température de l'eau, les



[3] Démantèlement des déflecteurs de courant à l'aide d'un treuil manuel

niveaux d'ombrage, les populations et habitats de moulettes perlières et de salmonidés ainsi que les niveaux de prise en compte et de mise en œuvre des mesures de restauration de l'habitat.

Les perles à l'école

Le projet *PIP* propose un programme éducatif pour sensibiliser les enfants et les communautés locales aux problématiques liées à la moulette perlière. Pendant les sorties scolaires, les enfants des écoles primaires découvrent les spécificités du cycle de vie de l'espèce, ses besoins en terme d'habitat, les menaces pour sa survie et l'importance de son histoire culturelle en Grande-Bretagne.

Conclusion

Le projet *PIP* aborde les questions concernant la population de moulette perlière du fleuve Dee à l'échelle du bassin versant et met en place des mesures et des connaissances qui profiteront aux générations futures. Ce programme ambitieux a vu le jour grâce au partenariat, *Dee Catchment Partnership*, et au retour d'expérience de programmes tels que le *River Dee Trust* et le *Dee DSFB*. Les partenaires sont convaincus que ce projet de surveillance du fleuve aura sans nul doute contribué de manière significative à la restauration de la population de moulette perlière du fleuve Dee. ■

Le programme LIFE+ *Pearls in Peril* est dirigé par le *Scottish Natural Heritage*. Dans le bassin versant du fleuve Dee, le projet est porté par l'association caritative *River and Fisheries Trusts of Scotland*, avec le soutien des autorités du parc national de Cairngorms, du partenariat *Dee Catchment Partnership*, de l'association

Dee DSFB, du département gouvernemental *Forestry Commission Scotland*, de l'agence de protection de l'environnement *Scottish Environment Protection Agency* et du *Scottish Natural Heritage*.

<http://www.pearlsinperil.org.uk>

Bibliographie

COOKSLEY S.L. 2007 – *Dee Catchment Management Plan: Summary and Action Pack*. Dee Catchment Partnership, Aberdeen, 80 p.

COOKSLEY S.L., BREWER M.J., DONNELLY D., SPEZIA L. & TREE A. 2012 – Impacts of artificial structures on the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* in the River Dee, Scotland. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 22, pp. 318-330.

COSGROVE P.J., YOUNG M.R., HASTIE L.C., GAYWOOD M. & BOON P.J. 2000 – The status of the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* Linn. in Scotland. *Aquatic Conservation: marine and freshwater ecosystems*, 10, pp. 197-208.

HASTIE L.C., COSGROVE P.J., ELLIS N. & GAYWOOD M.J. 2003 – The threat of climatic change to freshwater pearl mussel populations. *Ambio*, 32(1), pp. 40-46.

WITHERS P.J.A., JORDAN P., MAY L., JARVIE H.P. & DEAL N.E. 2014 – Do septic tanks pose a hidden threat to water quality? *Frontiers in Ecology and the Environment*, 12(2), pp. 123-130.

Susan COOKSLEY : Dee Catchment Partnership, James Hutton Institute, Royaume-Uni
susan.cooksley@hutton.ac.uk

Lorraine HAWKINS : River Dee Trust, Royaume-Uni
lorraine@riverdee.org

Jackie WEBLEY & Iain SIME : Scottish Natural Heritage, Royaume-Uni
jackie.webley@snh.gov.uk
iain.sime@snh.gov.uk



Restauration de l'habitat à mulette perlière dans le Morvan (France) : expérimentation de techniques douces

Nicolas GALMICHE



A. Boulin

N. Galmiche

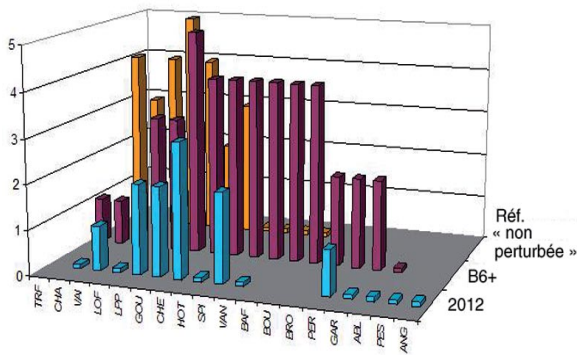
Les cours d'eau du Morvan hébergent encore 5 populations de mulette perlière. Néanmoins, les perturbations dont souffrent ces cours d'eau sont à l'origine de la raréfaction de l'espèce. Afin d'enrayer son déclin, le Parc naturel régional du Morvan (PNR du Morvan) a mené un programme européen LIFE Nature « Ruisseaux », de 2004 à 2009. Outre l'expérimentation de techniques de gestion, de préservation et de restauration de la qualité de l'eau de ces milieux, ce programme aura permis d'esquisser les premières réflexions sur les notions de continuité biologique.

Désireux de poursuivre ces réflexions, le PNRM coordonne à nouveau un programme européen LIFE+ Nature « Continuité écologique, gestion de bassin versant et faune patrimoniale associée », depuis le 01/09/2011. Parmi les actions, certaines ont un caractère démonstratif et/ou emploient des techniques innovantes.

Restauration de la continuité écologique sur un site à forts enjeux patrimoniaux (naturels et historiques)

Au XIX^e siècle, la plupart des communes du Morvan pouvaient compter au moins 3 ou 4 moulins chacune. À ce jour, dans la vallée du Cousin, entre Magny et Avallon, on en répertorie 24. L'absence de gestion des seuils a eu pour conséquence de définitivement cloisonner la rivière le Cousin. L'absence de courant limite l'auto-épuration. La part des faciès à écoulement lentique, sous l'influence des seuils, est de

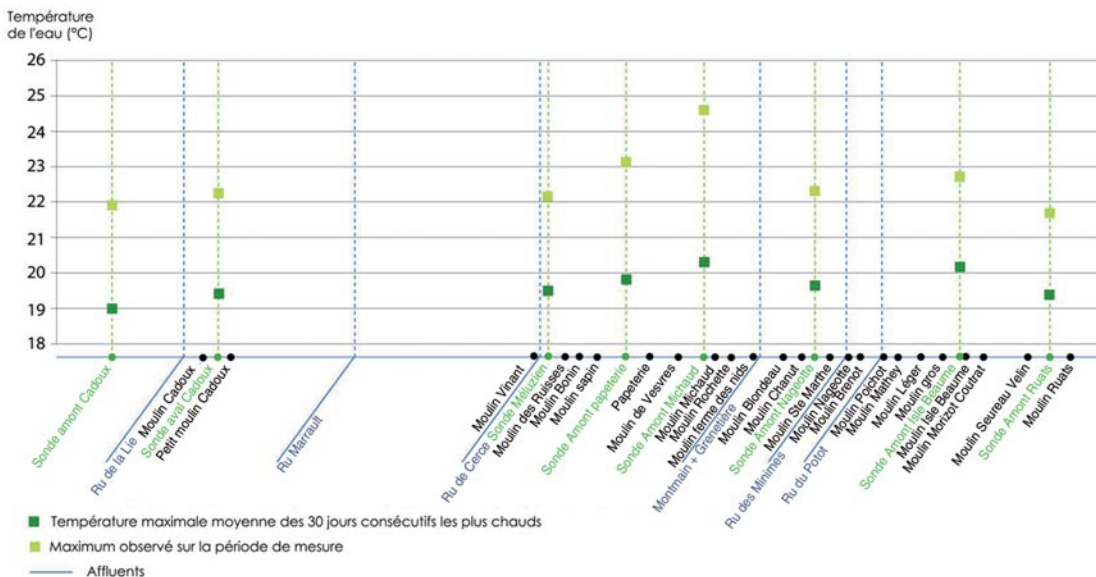
35 % (BIOTEC, 2013a). Les sédiments se sont accumulés dans les retenues. Ces dernières stockent, plus ou moins momentanément, les sables et les petits cailloux, mais quasi définitivement les galets de plus de 5 à 10 cm et les blocs de toutes tailles (SIALIS, 2013). Les poissons ne peuvent plus accéder à leurs frayères et les truites disparaissent petit à petit. 66,7 % des ouvrages doivent être considérés comme infranchissables ou très difficilement franchissables (BIOTEC, 2013a). Par rapport à ce que serait le Cousin non perturbé par la présence d'ouvrages sur ce secteur, la situation actuelle montre un peuplement dégradé tant par la qualité de la richesse spécifique (absence majeure de la truite) [1] que par les abondances des espèces présentes (Bouchard, 2012). La température de l'eau augmente considérablement en été. Le réchauffement le plus important est de +0,8°C sur les températures moyennes mensuelles et +2,4°C sur les températures maximales [2]. Cet « accident » thermique montre clairement la responsabilité de la succession des seuils (SIALIS, 2013). Les enjeux sont conséquents car la vallée du Cousin a une population de mulette



[1] État du peuplement piscicole sur la station amont de la ferme des Nids, sur le Cousin en 2012. Comparaison du peuplement observé avec le peuplement théorique calculé en fonction des paramètres environnementaux de la station.

perlière en amont du site Natura 2000. Le rétablissement de la continuité écologique est possible de différentes façons en fonction du contexte propre de chaque ouvrage. La solution de l'effacement permet de rétablir l'ensemble des fonctionnalités du cours d'eau. C'est pourquoi les premiers travaux ont débuté sur l'ancien moulin « Petit Cadoux ». L'ouvrage se présentait sous la forme d'un complexe hydraulique en ruine dont ne subsiste qu'une chaussée transversale de 26 m. Cet ouvrage maintenait une ligne

d'eau stagnante sur 179 m et marquait une discontinuité dans la population de mulette perlière. La restauration de la pleine transparence hydraulique et sédimentaire ne pouvait s'envisager avec succès sans entreprendre un travail « d'exagération » de la brèche existante. Mais ce travail a été rendu délicat du fait de l'installation de la population de mulette perlière en amont et en aval de l'ouvrage. Toutes les précautions ont été prises afin de limiter les impacts des travaux. En premier lieu, un état initial complet a été réalisé (Fouillé, 2013). Il a notamment été fait usage des protocoles tels que le protocole de « Capture-Marquage-Recapture » sur la population de mulette perlière, le diagnostic de l'habitat avec une sonde de mesure du potentiel d'oxydo-réduction et la cartographie des habitats par l'Indice d'attractivité morphodynamique. Les arbres présents sur la digue ont été démontés progressivement par le sommet, de façon à ne pas traîner les arbres dans le cours d'eau et déstabiliser les mulettes perlières. Ensuite, la brèche existante a été élargie avec une minipelle à la dimension souhaitée. Les blocs de fond ont été démontés à la main et à la barre à mine pour abaisser le niveau du seuil et finaliser le dérasement [3]. Une minipelle a parfois été nécessaire pour déchausser les plus gros blocs et les charger sur un radeau [4]. En effet, un radeau a été construit pour déposer les blocs dans l'ancienne retenue afin de diversifier les écoulements.



[2] Évolution amont - aval des maxima thermiques de huit stations du Cousin en 2012



[3] Démontage du seuil de la Côte Cadoux à la main



[4] Transport des blocs de granit de l'ancien seuil de la Côte Cadoux par radeau

L'utilisation du radeau a surtout permis d'éviter l'utilisation d'engin mécanique qui aurait pu écraser les individus de mulette perlière. Aujourd'hui, le seuil est effacé et laisse place à un grand radier. Le site sera aussi suivi rigoureusement afin de voir les impacts éventuels sur la population de mulette perlière, voire une recolonisation des nouveaux faciès favorables à

l'espèce. Pour les autres projets, en phase de concertation, le point le plus bloquant est la disparition du plan d'eau généré par le seuil. Dans certains cas particuliers, l'installation de dispositifs de franchissement piscicole favorisera la continuité au niveau de la migration piscicole. Cependant, cette solution souffre de nombreuses limites : pas de transport sédimentaire,

sélectif au niveau des espèces aptes à emprunter les passes... Pour pallier ces faiblesses, celles-ci ont été conçues de manière ambitieuse. Les rampes en enrochement ont été dimensionnées pour assurer le franchissement des truites et de ses espèces d'accompagnement (chabot, lamproie de Planer, cyprinidés d'eaux vives...). Elles seront constituées de deux coursiers à des altitudes différentes et seront systématiquement accompagnées d'un arasement. La pente sera de 6 % et la rugosité de fond sera importante. Sept projets sont à l'étude pour des travaux à l'été 2015 : trois rampes en enrochement, une rivière de contournement et trois dérasements partiels. De plus, dans le cadre d'un prochain avenant au projet LIFE+, sept nouveaux projets seront à l'étude en 2015.

Restauration du bassin versant du haut-Cousin

Le haut-Cousin est un des cinq derniers cours d'eau de Bourgogne où la mulette perlière est encore présente. Cependant, sa situation écologique était encore préoccupante, notamment en ce qui concerne les déséquilibres importants du peuplement piscicole. La faible abondance d'individus jeunes et adultes de truites fario sur le cours principal est préoccupante (Bouchard, 2012). Un des enjeux de conservation de la population de mulette perlière sur le cours d'eau est la restauration de la population de truite fario, son hôte privilégié. Les principaux facteurs limitants recensés sur ce site sont les problèmes thermiques liés à la présence de multiples étangs, la déconnection de nombreux affluents, le piétinement bovin et des modifications d'habitats sur certains tronçons du cours d'eau (travaux hydrauliques et enrésinement). À ce jour, les travaux réalisés sur ce site sont : aménagement des zones déconnectées des affluents du Cousin pour restaurer 12,4 km de frayères à truite fario ; pose de 8 574 m de clôtures ; aménagement d'abreuvoirs et restauration de la ripisylve ; débardage de 1 121 m³ d'épicéas sur 6,5 ha de tourbière sans créer d'ornières ; restauration de 750 m de berges enrésinées ; pose de cinq moines sur les étangs ; réaménagement de la dérivation de l'étang de Champeau ; restauration hydromorphologique de l'habitat de la truite fario sur un tronçon de 850 m du Cousin. Parmi les actions les plus récentes, certaines ont eu recours à des techniques innovantes. L'étang de Champeau, l'étang

du Chailloux et l'étang Morin sont tous les trois situés strictement en amont des stations à mulette perlière. Ils ne sont pas équipés de système de vidange adapté. La vulnérabilité de la population de mulette perlière à l'aval est donc très importante. Un second enjeu de conservation de l'espèce sur le cours d'eau est d'arriver à restaurer et à maintenir les populations de truite dans le cours principal. Il est donc très important de délivrer des eaux froides à l'aval de ces étangs afin de maintenir les populations de truite fario. Le moine hydraulique est un système de vidange permettant de prélever l'eau du plan d'eau en profondeur et de contrôler sa vidange par l'enlèvement successif de planches. Sur les trois étangs précités, des travaux ont permis de les équiper de moine hydraulique. Mais la gestion des vases, avant la pose d'un moine, est un problème récurrent. Il faut souvent prévoir un curage à la pelle mécanique. Parfois, la profondeur des boues est telle que les engins ne peuvent pas approcher de la pelle de fond. Une solution technique a donc été envisagée en faisant usage du désenvasement par aspiration sous l'eau [5]. Cette méthode permet un résultat immédiat. Cette opération se fait à l'aide d'une barge amphibie munie de sa pompe aspiratrice. Le débit de la pompe est de 10 à 40 m³/h selon le type de matière à extraire. Grâce aux tuyaux adaptés en sortie de pompe, la boue est recueillie sur la berge ou dans des bassins de décantation [6]. Lors de la phase de travaux, il est aussi important de prévoir des dispositifs de filtration de boues efficaces, à l'aval de l'étang. Par exemple, on peut utiliser des systèmes de double rideaux de grilles avec de la paille intercalée. Ce système est beaucoup plus efficace que l'utilisation de simple ballot de paille. La paille, prisonnière de ces bassins de décantation, peut alors être évacuée par une motopompe, avec un camion hydrocureur ou une minipelle. Enfin, il n'est pas toujours aisé de garantir le débit réservé pendant les travaux lors de la mise en assec de l'étang. Une dérivation temporaire est très efficace mais l'installation peut être fastidieuse. Une des solutions imaginée par l'entreprise Grossetête est d'utiliser un géotextile sur une tranchée ouverte. Ce dispositif s'est avéré rapide à mettre en place et très efficace. Enfin, une dernière difficulté rencontrée est la présence d'un sol non portant au droit de la pelle. Il arrive aussi assez souvent que le niveau bas de la pelle soit plus haut que le fond de l'étang. Il est donc nécessaire de couler les fondations du moine dans l'eau. Il a été imaginé sur l'étang de Champeau de foncer un carré de palplanche. Cette nouvelle surface sera



[5] Pompage des vases au fond de l'étang Chailloux avec une suceuse sur barge amphibie



[6] Rejet des vases du fond de l'étang de Chailloux dans des bassins de décantation

étanchéifiée puis coulée. Ce nouveau point dur permettra d'installer le moine sans risque. Le PNR du Morvan s'emploie donc depuis plusieurs années à résoudre des perturbations « indirectes », mais demeure soucieux de proposer des solutions de restauration plus intrinsèquement liées à l'habitat aquatique

(restauration de caches, de la ripisylve, diversification des faciès). Afin d'affiner et de concrétiser ses choix d'intervention, le PNR du Morvan a ainsi sollicité l'expertise du bureau Biotec (BIOTEC, 2013b) afin de disposer d'un avant-projet proposant une palette de solutions techniques pour la restauration physique

d'un tronçon du Cousin visant l'amélioration de l'habitabilité pour les salmonidés et la mulette perlière. Parce qu'il demeure souvent délicat de favoriser de manière pérenne et efficace la formation d'abris, caches et autres habitats piscicoles par la seule mise en œuvre d'éléments unitaires isolés, toute action technique doit être combinée dans le cadre d'un projet plus vaste de restauration d'un linéaire de l'ordre de 5 à 6 fois la largeur du lit à « plein bord ». Cette méthodologie a été appliquée sur un linéaire de 700 m du Cousin. Ce linéaire est compris entre deux secteurs à mulette perlière, celle-ci ayant disparu sur le linéaire le plus dégradé. Sur les tronçons de forte pente (dépassant généralement 0,3 %), le cours d'eau semble bénéficier de capacités d'auto-ajustement naturelles. Il s'agit dès lors de profiter d'un équilibre du cours d'eau rendu instable par tout apport d'éléments extérieurs. La mise en place de structures de diversification des écoulements et des habitats aquatiques (déflecteurs, souches, etc.) entraînera érosion et transport solide mais également zone de dépôts sablo-graveleux. Pour les cas des tronçons sinueux de forte pente, il est préconisé d'utiliser les capacités naturelles du cours d'eau à travailler latéralement tout en le confrontant à des obstacles en berge (reconstitution de massifs), pour le pousser à créer des sous-berges stables. Sur les tronçons de faible pente (n'excédant généralement pas 0,2-0,3 %), le cours d'eau ne semblant pas bénéficier de ses pleines capacités naturelles d'auto-

ajustement, il convient de mettre en œuvre des principes d'aménagement plus agressifs, visant à produire des resserréments du lit mineur et amplifier les phénomènes de diversification des écoulements au sein du lit vif. ■

Bibliographie

BIOTEC 2013a – *Élaboration d'une stratégie de restauration de la continuité écologique sur la basse vallée du Cousin. Diagnostic des ouvrages et stratégie de restauration*. Note de synthèse, 31 p.

BIOTEC 2013b – *Restauration physique d'un tronçon du cousin (entre l'étang de Saint-Agnant et la RD 977 bis) par diversification du lit mineur*. Note technique synthétique concernant le « champ des possibles », 16 p.

BOUCHARD J. 2012 – *Diagnostic piscicole du Cousin amont et de ses affluents*. Campagne d'état initial 2012, 35 p.

FOUILLÉ S. 2013 – *Étude d'impact de la qualité intra-sédimentaire en vue de la protection des naïades sur les rivières de la Cure et du Cousin*. 76 p.

SIALIS 2013 – *Élaboration d'une stratégie de restauration de la continuité écologique sur la basse vallée du Cousin*. Diagnostic biologique et hydromorphologique, 109 p.

Nicolas GALMICHE : Parc naturel régional du Morvan, Saint-Brisson, France
nicolas.galmiche@parcdumorvan.org



Dynamique fluviale, érosion des berges et charge de sédiments fins dans les habitats à mulette perlière

Robert VANDRÉ & Christine SCHMIDT



Schmidt & Partner GbR

R. Vandré

Une étude détaillée de l'érosion des berges a été réalisée sur une rivière abritant une population de mulette perlière dans le nord de la Bavière, en Allemagne, dans le cadre d'une enquête récente du bassin versant. Dans les parties inférieures de la rivière et des affluents principaux, nous avons enregistré une érosion active et continue des berges de 1,4 à 7 % (moyenne : 2,8 %). Les parties supérieures de la rivière contiennent davantage de portions en érosion continue (> 25 %).



Schmidt & Partner GbR

C. Schmidt

Une comparaison de cartes anciennes des années 1860 avec des photographies aériennes récentes montre que les cours d'eau des ruisseaux du cours supérieur sont restés stables, contrairement à des pourcentages plus élevés de berges érodées dans la zone des ruisseaux en amont, alors que plusieurs tronçons de la rivière principale ont considérablement évolué au cours des 150 dernières années.

L'étude montre que l'érosion des berges contribue clairement à l'accumulation de sédiments fins dans la rivière. D'autre part, la dynamique fluviale et l'érosion des berges enrichissent les structures physiques des cours d'eau et contribuent à la création de nouveaux habitats favorables aux mulettes perlières et aux poissons. Une extrapolation de la quantité possible de charges sédimentaires annuelles par l'érosion des berges révèle un problème mineur par rapport à la charge sédimen-

taire résultant de l'érosion des sols sur les terres arables.

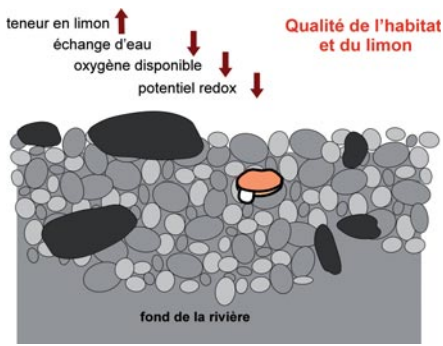
Ainsi, des mesures visant à réduire la charge en sédiments fins devraient être prises essentiellement à la source : réduction de l'érosion du sol, déconnexion des voies d'écoulement entre les terres arables et la rivière principale, restauration des vallons humides et peu profonds de petits affluents. Plus en aval, dans les principales zones à mulette perlière, la dynamique fluviale devrait être tolérée afin de soutenir la formation de diverses structures physiques de l'habitat.

Introduction

Le chargement en nutriments de l'habitat oligotrophe naturel de la mulette perlière d'eau douce est considéré comme la

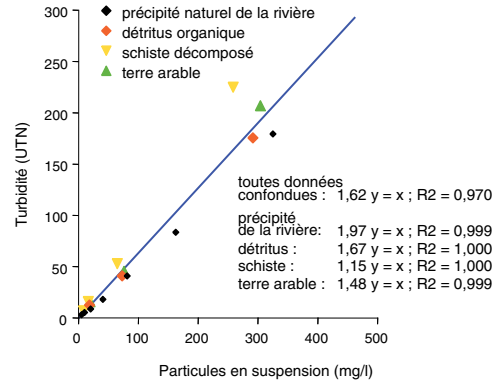
principale raison de son déclin en Europe (Bauer, 1988 ; Hruska & Bauer, 1995). Outre l'eutrophisation, le colmatage du substrat des cours d'eau à mulette perlière avec des sédiments fins texturés est un deuxième facteur de la dégradation de l'habitat (Buddensiek, 1995 ; Geist & Auerswald, 2007). Les teneurs élevées en sable et en limon du substrat inhibent l'échange d'eau et conduisent à l'appauvrissement en oxygène et à des conditions d'habitat défavorables, notamment pour les jeunes mulettes perlières vivant dans la zone interstitielle [1].

Le chargement sédimentaire d'une rivière est indiqué par sa turbidité [2]. L'effet néfaste des niveaux faibles, mais continus, de la

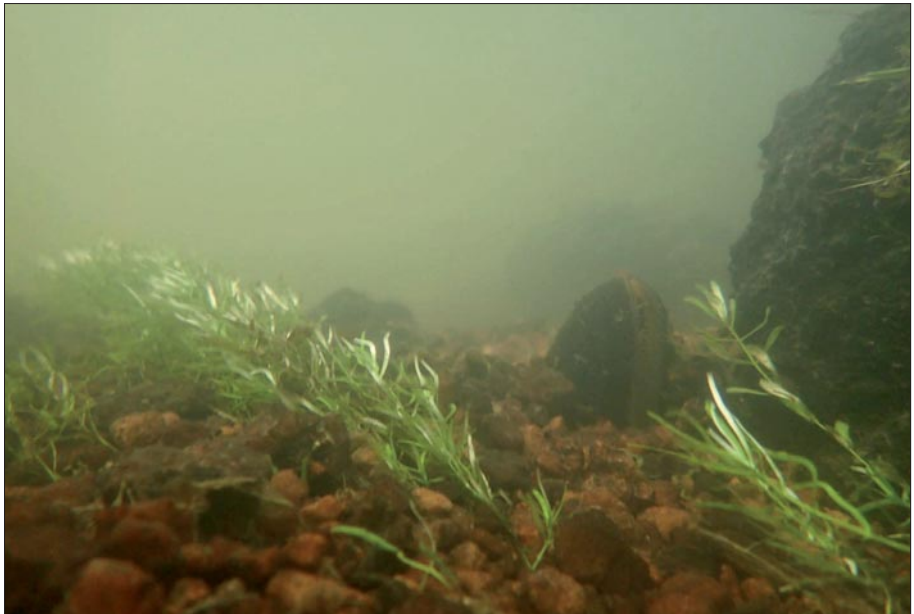


[1] Dégradation de l'habitat des jeunes mulettes perlières par l'envasement du fond de la rivière

turbidité sur les populations de mulettes perlières a été démontré (Österling *et al.*, 2010). La concentration de particules en suspension montre des corrélations linéaires spécifiques pour différents matériaux avec la turbidité, mesurées en UTN (unité de turbidité néphélométrique), et peut être utilisée pour estimer la quantité de sédiments fins transportés [3].



[3] Relations spécifiques entre la concentration de particules en suspension et la turbidité, mesurées en unité de turbidité néphélométrique (UTN). Résultats de dilutions en série avec des fractions de texture fine de différents matériaux qui, généralement, pourraient être la cause de la turbidité dans les ruisseaux



[2] Turbidité visible dans un cours d'eau à mulette perlière

L'érosion des sols représente la principale source de sédiments fins texturés. Dans de nombreux cours d'eau de mulette perlière, les terres arables sont reliées aux canaux via des fossés situés en bordure de voie, par exemple. Ainsi, les principales sources d'envasement et de turbidité sont souvent situées à une distance importante des véritables rivières à mulettes perlières [4].

L'érosion des berges représente une autre source potentielle de charge en sédiments fins des cours d'eau à mulettes perlières. Lors d'une enquête récente du bassin versant de la rivière, nous avons essayé de cartographier, d'apprécier l'érosion des berges et d'évaluer son effet sur la charge de la rivière en sédiments fins. Bien qu'il ne s'agisse pas du facteur principal de la détérioration de l'habitat de cette rivière de Bavière, notre article se concentre sur cet aspect. Nous présentons quelques résultats, observations et considérations de la présente enquête, en essayant de répondre à la question de savoir si des mesures visant à réduire l'érosion des berges devraient être envisagées pour protéger les habitats à mulette perlière dans les circonstances observées.

Matériaux et méthodes

L'étude du bassin versant a été réalisée au niveau de la rivière Schondra, dans

les environs de la région à grès rouge du Trias inférieur, en Bavière du Nord. Cette rivière abrite une population de mulette perlière, considérée comme génétiquement distincte des autres populations d'Europe centrale (Geist & Kühn, 2005), mais qui a maintenant presque disparu. Une étude du bassin versant a été réalisée afin de déterminer et d'évaluer les sources de la dégradation de l'habitat. Dans le cadre de cette enquête, une étude détaillée de l'érosion des berges a été menée. Le bassin versant couvre 160 km², dont 63 % sont des forêts. Les parties inférieures du réseau hydrographique, qui se trouvent être l'ancien habitat des mulettes perlières, sont constituées de plaines inondables (prairies) et entourées de pentes couvertes de forêts. L'érosion des berges a fait l'objet de notre étude sur ce secteur. La longueur et la hauteur de la rupture des berges ont été cartographiées [5]. Les parties en amont du réseau fluvial, situées dans les parties supérieures du bassin versant, sont soit des petits affluents de forêts, soit des petits cours d'eau ou canaux traversant les prairies et terres arables. Ces canaux ont également fait l'objet de l'étude, mais l'ampleur du canal et de l'érosion des berges a seulement été estimée. Des cartes historiques ont été comparées avec des photos aériennes récentes afin de déterminer si les cours d'eau se sont déplacés suite à l'érosion des berges. Des ébauches de conclusions des éventuelles quantités de sédiments mobilisés par l'érosion des berges ont été comparées à



Schmidt & Partner GbR

[4] Fossé reliant la terre arable à la rivière Schondra



Schmidt & Partner GbR

[5] Cartographie de l'érosion de la berge de la rivière : enregistrement des longueurs et hauteurs des berges récemment érodées

une estimation du matériau érodé des sols arables et de son transport à la rivière, à l'aide du « rapport de dislocation des sédiments » (Auerswald, 1997) afin d'évaluer l'importance de l'érosion des berges pour l'ensemble des charges en sédiments fins de la rivière.

Résultats

Comme pour la plupart des populations de mulette perlière d'Europe centrale en déclin, l'eutrophisation d'origine agricole et, dans une moindre mesure, les eaux usées,

ont été évaluées comme étant les facteurs les plus importants de la dégradation de l'habitat. La turbidité de l'eau et l'envasement des habitats potentiels pour les jeunes mulettes perlières constituent un second facteur du déclin de l'habitat.

Plaine inondable

Avant le défrichement des forêts au niveau du cours supérieur de la rivière, à la période médiévale, la zone de plaine inondable du réseau hydrographique était certainement constituée de graviers, de galets et de rochers, et la rivière coulait dans des canaux multiples ou changeants (Thorp *et al.*, 2008). Aujourd'hui, la plupart des plaines inondables des chaînes montagneuses de basse altitude d'Europe centrale sont couvertes de limon alluvial. Ce limon s'est formé peu à peu au cours des siècles à partir de matériaux de sol érodé. Il a été mobilisé avec les orages avant de se déposer, couche par couche, dans la plaine inondable. Habituellement, la rivière coule encore sur le lit de graviers, entourée par les berges abruptes composées de limon alluvial [6]. Les berges concaves sont progressivement corrodées puis elles se décomposent. Ce processus est typique de la zone sinueuse de la rivière (Thorp *et al.*, 2008). Géologiquement, l'érosion des berges alluviales de la rivière peut être considérée comme une remobilisation des sols autrefois érodés. Dans une perspective à court terme, il s'agit d'une forme d'érosion des sols contribuant à la pollution de la rivière avec des sédiments fins. Dans la rivière Schondra, 1,4 à 7 % des lignes de berges (moyenne : 2,8 %) montrent l'érosion actuelle.



Schmidt & Partner GbR

[6] Plaine inondable de la rivière Schondra, couverte d'une couche de limon alluvial



[7] L'enrochement des berges conduit à un rétrécissement de la rivière.

Afin de protéger les prairies de l'érosion progressive, les agriculteurs ont recouvert les berges de roche dans la plupart des étendues de la plaine inondable de la rivière Schondra, comme dans la plupart des rivières d'Europe centrale [7]. L'installation de roches crée une structure confinée qui peut encore être observée dans de nombreux tronçons de la rivière Schondra : le chenal de la rivière est étroit. Lors des inondations, une contrainte de cisaillement s'exerce au fond de l'eau. Généralement, le fond est couvert d'une couche de galets servant de protection, cas typique d'une zone fluviale confinée (Thorp *et al.*, 2008). Le substrat situé en dessous étant protégé de la mobilisation, il vieillit et les espaces sont obstrués par les sédiments fins et incrustés d'oxydes de Fer

et de Manganèse. Ainsi, l'érosion des berges peut contribuer à la charge en sédiments fins, mais sa prévention continue crée des conditions défavorables aux organismes vivant dans le substrat de la rivière.

Une grande partie de la plaine inondable de la Schondra a été classée réserve naturelle en 1983. C'est peut-être là la raison de l'observation de l'arrêt des enrochements des berges et de l'intensification de leur érosion. En de nombreux tronçons, les anciennes roches se trouvent aujourd'hui au milieu de la rivière. La comparaison des anciennes cartes et des photographies aériennes récentes montre l'érosion substantielle des berges et le mouvement du lit de la rivière en certains tronçons [8]. La structure



[8] Photographie aérienne d'une partie de la plaine inondable Schondra. Les lignes rouges indiquent les caractéristiques illustrées par une carte datant des années 1860. À certains endroits, le lit de la rivière s'est considérablement déplacé depuis.



Schmidt & Partner GbR

[9] Lorsque le limon alluvial a été dispersé par l'érosion, de multiples canaux sur galets et graviers sont formés, dessinant une tresse.

en tresse de la rivière a été restaurée par la dynamique du cours d'eau ayant retiré les sédiments alluviaux sur une grande surface [9].

Cours supérieur de la rivière

Dans les petits canaux du cours supérieur de la rivière, nous avons observé une forte érosion du secteur à mettre en relation avec l'érosion du sol des champs [10]. Nous estimons à plus de 25 % les canaux soumis à l'érosion des berges ou des ravins. L'érosion est facilitée par l'agriculture intensive qui a lieu au plus près des canaux. Une érosion aiguë des ravins, indiquée par l'incision profonde de petits canaux, des touffes d'herbes faisant irruption des berges et des racines d'arbres dépassant du sol, peut s'expliquer par l'évacuation des eaux de pluie en provenance des surfaces couvertes de roches, comme le ruissellement des routes et des villages.

Par opposition à l'érosion accrue observée, la comparaison des anciennes cartes aux photographies aériennes montre que les cours d'eau de la partie supérieure de la rivière sont restés stables. Cela s'explique probablement par l'entretien régulier des canaux et fossés.



Schmidt & Partner GbR

[10] Des petits courants du cours supérieur de la rivière montrent une érosion des berges, ainsi qu'une connexion à l'érosion des champs.

Comparaison de l'érosion des berges et du sol par les champs

Le taux actuel d'excavation des berges étant inconnu, l'extrapolation de la charge en sédiments est plutôt théorique. Toutefois, si l'on considère que l'érosion annuelle des berges horizontales est de

5 cm dans les plaines inondables et de 2,5 cm dans les cours supérieurs de la rivière, 100 m² de sédiments fins seraient mobilisés par l'érosion des berges des deux zones respectives. Une érosion du sol annuelle, supposée modérée de 5 m³ (3,5 t) par hectare sur les 2 000 ha de champs du bassin versant, et un rapport de dislocation de 12 % (Auerswald, 1997) se traduiraient par une charge sédimentaire de 1 200 m³ provenant de l'érosion du sol agricole.

Ainsi, on peut s'attendre à ce que l'érosion des berges contribue, de manière significative, à la charge en sédiments fins de la rivière, mais la contribution pourrait être mineure par rapport à la charge en sédiments résultant de l'érosion des sols sur les terres arables. D'autre part, la dynamique fluviale et l'érosion des berges de la plaine inondable créent une richesse dans les structures physiques de la rivière et contribuent à la création de nouveaux habitats favorables aux moules perlières et aux poissons.

Conclusions

L'effet de l'érosion des berges doit être évalué de manière distincte dans les différentes zones de la rivière à travers le bassin versant. Les mesures visant à réduire la charge en sédiments fins sont plus efficaces aux sources de l'érosion, principalement situées en amont : réduction de l'érosion du sol des champs arables (culture dérobée, etc.), déconnexion des voies d'écoulement entre les champs arables et la rivière principale, restauration des vallées des petits affluents visant à rétablir les canaux peu profonds et humides de la zone discontinue naturelle (Thorp *et al.*, 2008). Plus en aval, dans les principales zones à moule perlière, la dynamique fluviale devrait être tolérée malgré sa charge en sédiments fins provenant de l'érosion des berges pour soutenir la formation de diverses structures physiques de l'habitat. ■

Bibliographie

AUERSWALD K. 1997 – *Feststofftransport in Fließgewässern*. Handbuch der Bodenkunde, Wiley & Sons, Chapter 6.3.4. 12 p.

BAUER G. 1988 – Threats to the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* L. in Central Europe. *Biological Conservation*, 45, pp. 239-253.

BUDDENSIEK V. 1995 – The culture of juvenile freshwater pearl mussels *Margaritifera margaritifera* L. in cages: A contribution to conservation programmes and the knowledge of habitat requirements. *Biological Conservation*, 74, pp. 33-40.

GEIST J. & AUERSWALD K. 2007 – Physicochemical stream bed characteristics and recruitment of the freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*), *Freshwater Biology*, 52, pp. 2 299-2 316.

GEIST J & KUHN R. 2005 – Genetic diversity and differentiation of central European freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera* L.) populations: implications for conservation and management. *Molecular Ecology*, 14, pp. 425-439.

HRUSKA J. & BAUER G. 1995 – Zusammenhänge zwischen der Populationsbiologie der Flußperlmuschel und der Gewässereutrophierung. *Lindberger Hefte*, 5, pp. 10-16.

ÖSTERLING M.E., ARVIDSSON B.L. & GREENBERG L.A. 2010 – Habitat degradation and the decline of the threatened mussel *Margaritifera margaritifera*: influence of turbidity and sedimentation on the mussel and its host. *Journal for Applied Ecology*, 47, pp. 759-768.

THORP J.H., THOMS M.C. & DELONG M.D. 2008 – *The riverine ecosystem synthesis. Towards conceptual cohesiveness in river science*. Elsevier, 208 p.

Robert VANDRÉ & Christine SCHMIDT :
Schmidt & Partner GbR, Goldkronach,
Allemagne
info@muschelschutz.de



Suppression de la protection des berges pour restaurer l'hydromorphologie et l'habitat des salmonidés, en vue de conserver la mulette perlière d'eau douce dans une rivière d'un *Upland* écossais dont le lit est en graviers

Kenneth MACDOUGALL, Hannah BARKER, Stephen ADDY & Susan COOKSLEY



F. MacDougall

K. MacDougall

La protection des berges, à l'aide de l'enrochement pour réduire la perte de terres et l'apport de sédiments, représente une pression morphologique commune dans les puissants cours d'eau possédant un lit de graviers. Cette pression peut limiter la liberté du lit du cours d'eau à ajuster naturellement sa morphologie aux conditions imposées par le bassin versant et peut également créer des faciès non-naturels.

Ces changements physiques peuvent aussi modifier les conditions de l'habitat, par exemple, en simplifiant la complexité du lit du cours d'eau, en durcissant le substrat et en réduisant les processus de transport des sédiments, éléments clés au maintien des divers habitats. Toutefois, les études de cas combinant l'évaluation des impacts morphologiques de la protection des berges et des options de restauration de la rivière pour remédier à ces impacts manquent. Ici, nous présentons les résultats d'un projet de restauration d'une rivière, commandé par le Scottish Natural Heritage dans le cadre du projet LIFE+ Nature *Pearls in Peril (PIP)* [« Perles en péril »], visant à restaurer l'habitat des salmonidés en trois tronçons de la partie supérieure du bassin versant du fleuve South Esk à Angus, en Écosse. Ces résultats

démontrent les pressions auxquelles la protection des berges fait face.

La partie inférieure du fleuve South Esk abrite une population de mulette perlière d'eau douce qui se trouve actuellement dans des conditions défavorables. Le projet vise à protéger l'espèce à long terme par l'amélioration des conditions de l'habitat des salmonidés et le rétablissement des processus clés de transport de sédiments. Une combinaison de cartographies sur le terrain, de relevés topographiques et de caractérisation des sédiments associée à une modélisation hydraulique 1D a été utilisée pour évaluer les données de base hydromorphologiques et les conditions de l'habitat. Grâce à la modélisation hydraulique et à un avis d'expert fondé sur

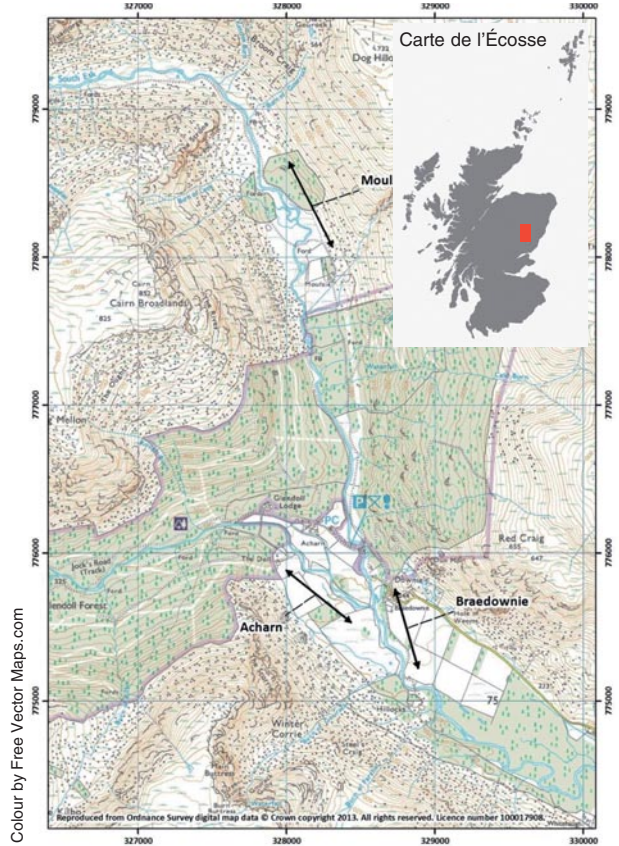
l'évaluation de base, des prévisions de changements hydromorphologiques créés par le retrait des structures ont été formulées. Ces prévisions nous ont également renseigné sur la sélection prioritaire de sites de protection des berges pour l'action de restauration à l'aide d'une évaluation multicritères qui considère les contraintes et les avantages probables pour la morphologie et l'habitat. Nous espérons que les connaissances acquises en matière d'impact morphologique de la protection des berges et que les approches d'évaluation de la restauration de la rivière utilisées dans cette étude seront applicables dans d'autres contextes similaires.

Fleuve South Esk

Le fleuve South Esk est désigné comme zone spéciale de conservation (ZSC), au nom de la Directive « Habitat-faune-flore » et en raison de ses populations importantes de mulette perlière d'eau douce et de saumons de l'Atlantique au niveau international. Il s'agit d'un fleuve typique d'un *upland* écossais, à fort débit (moyenne de 13 m³/s) et au lit parsemé de graviers. La surface de son bassin versant est de 564 km² et il se jette dans la mer du Nord. L'étude se concentre sur la partie supérieure du fleuve, située à 250-280 m au-dessus du niveau de la mer où les précipitations moyennes annuelles sont généralement de 1 500 mm. Les bassins versants qui se déversent dans les trois zones étudiées mesurent 20 à 56 km², avec des débits moyens de 1,1 à 2,3 m³/s et des écoulements de crues annuels de 14 à 39 m³/s en moyenne [1].

Les mulettes perlières d'eau douce sont plus abondantes au niveau des tronçons médians du fleuve où elles atteignent des densités de plus de 20 individus par mètre carré. Quant aux jeunes mulettes perlières, leur nombre est plus élevé dans la partie inférieure du fleuve (Langan *et al.*, 2007). Toutefois, d'après les suivis de terrain réalisés, la condition de la population est actuellement « défavorable » à cause de la dégradation de l'habitat. Sur des suivis réalisés en 1997 et 2002, aucun changement dans l'état de la population n'a été observé sur 14 des 18 sites. Les jeunes mulettes, quand à elles, ont été découvertes sur 11 sites, contre 10 les années précédentes.

Les mulettes perlières les plus en amont se trouvent à environ 4,5 km en aval des tronçons étudiés. La surveillance de routine laisse à penser qu'il y a un problème avec



[1] Emplacement des zones étudiées

le recrutement dans cette partie du fleuve, bien qu'aucune information fiable n'existe sur le passé de l'état des populations de la partie supérieure du bassin versant. D'après les pêches électriques réalisées sur 7 sites du fleuve, les densités de jeunes truites et de saumons sont suffisantes pour assurer le recrutement de la mulette perlière. Le nombre de truites de mer et de saumons de l'Atlantique retournant au bassin versant a diminué ces dernières années et le statut ZSC est maintenant « défavorable », mais quelques signes de reprise ont pu être observés.

Objectifs du projet

Le projet a pour objectif de donner la priorité à la restauration des sites au bénéfice de la mulette perlière d'eau douce et d'améliorer les processus naturels par le biais de :

- l'évaluation initiale de l'hydromorphologie (y compris les impacts de la protection des berges) et de l'habitat ;

- l'identification des mesures de restauration et la prévision des impacts (sur le lit du cours d'eau, l'habitat et les risques d'inondation) ;
- le classement par ordre de priorité, la conception et le coût des mesures de restauration ;
- la mise en œuvre de méthodes d'évaluation de la réussite des travaux de restauration.

Établir des conditions de base

Les trois tronçons à l'étude sont concernés par des dispositifs de protection des berges construits dans les années 1980 qui tendent à se situer là où le lit du cours d'eau cherche à migrer. Ils sont constitués de blocs de roche locale faisant jusqu'à 2 m de diamètre [2] pour stabiliser le fleuve et réduire les apports de sédiments afin d'améliorer l'habitat des salmonidés.

Historiquement, les tronçons à l'étude étaient plus dynamiques et complexes qu'aujourd'hui, en partie à cause des travaux de protection des berges. Ces travaux sont perçus par les pêcheurs locaux comme augmentant l'érosion et l'apparition d'un substrat plus grossier au détriment des poissons reproducteurs.

Les conditions de base pour définir les tronçons d'étude ont été établies par :

- des relevés de terrain :
 - relevés topographiques d'environ 80 sections transversales au cours d'eau ;
 - enregistrement de la distribution des habitats hydrauliques, des sources de sédiments, des stocks de sédiments et des propriétés des sédiments du lit ;
 - granulométrie des radiers et des rapides (23 au total) ;
 - examen des structures et observations des options possibles et des implications.
- l'évaluation hydrologique pour définir les débits prévus ;
- la construction de modèles hydrauliques 1D pour en déduire les paramètres géomorphologiques (par exemple : contrainte de cisaillement limite, contrainte de cisaillement critique ou frottement critique) ;
- l'évaluation hydromorphologique :
 - relevés topographique, aérien et hydraulique pour en déduire les descripteurs de la morphologie du lit du cours d'eau (pente, profondeur, largeur et sinuosité) ;
 - évaluation de la granulométrie des sédiments du lit ;
 - mesures des forces de traction (τ) et de l'énergie spécifique du cours d'eau (ω)



[2] Exemples typiques de protection des berges

S. Adéy

calculées pour évaluer les niveaux et la distribution de l'énergie disponible pour la réalisation des travaux géomorphologiques ; mesure de la force tractrice critique (τ_{crit}) et du frottement critique ou paramètre de Shields (τ^*) pour donner une indication du transport des sédiments et de la sensibilité morphologique.

Hydromorphologie et conditions de l'habitat

Les tronçons étudiés se situent dans la partie inférieure de la large vallée alluviale glaciaire d'un glen. Ces derniers sont généralement uniques, à l'exception d'une île à Braedownie, et la consultation de cartes historiques révèle davantage de processus dynamiques avec encore plus de canaux. Malgré l'étendue de la protection des berges de ces tronçons, les processus d'érosion activés se poursuivent [Tableau 1][3][4].

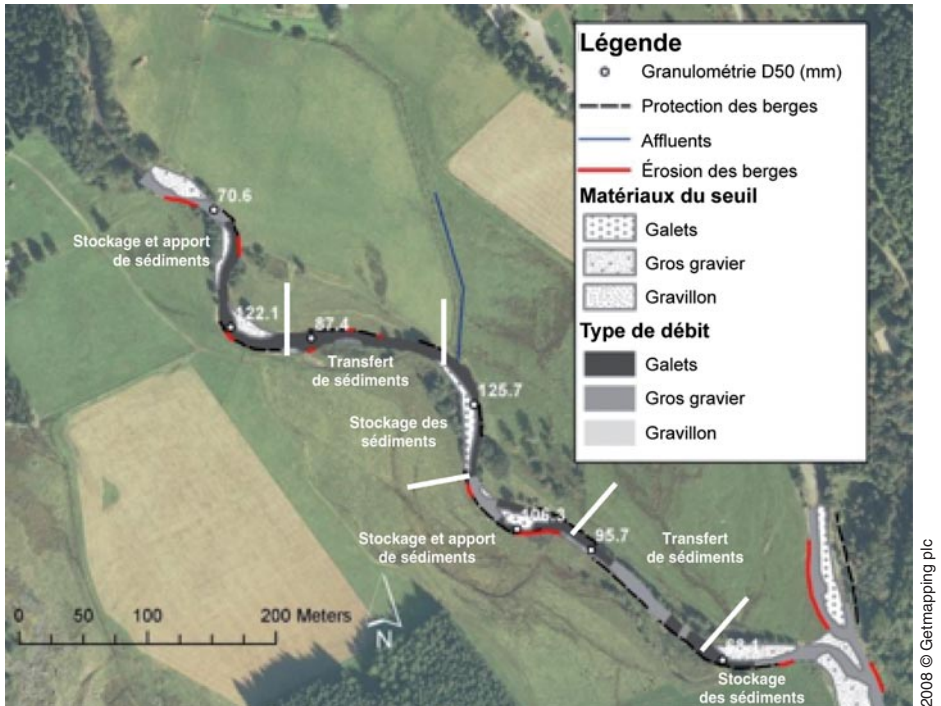
Moulzie représente le tronçon le moins énergétique (τ et les plus faibles) et le plus stable (τ^* le ω plus faible), ces conditions pouvant avoir été renforcées par la protection des berges qui accroît la résistance latérale. Les taux d'érosion typiques des berges locales sont observés : moins de 2 m depuis 2008. Lors des conditions moyennes d'écoulement des crues annuelles (QMED), le tronçon ne peut pas assurer le transport des particules de sédiments du lit médian,

mais il peut assurer le transport de matériaux de la taille de graviers, en moyenne, et peut éventuellement altérer sa morphologie.

Acharn constitue le tronçon le plus énergétique. Il peut déplacer localement des sédiments de la taille du lit médian dans les conditions QMED et ajuster en conséquence sa morphologie de lit plus facilement que les autres tronçons, bien que sa capacité d'adaptation latérale soit réduite par la protection des berges et l'établissement d'une végétation riveraine mature. Une grande partie du tronçon chasse en aval les sédiments issus de l'écoulement de l'érosion des berges et du dessus de la limite en amont. L'érosion le long des berges est limitée car elle mesure 112 m sur tout le tronçon évalué, cependant, depuis septembre 2008, la proportion d'érosion latérale peut atteindre jusqu'à 2,3 m à certains endroits. À la confluence de White Water et de South Esk, Braedownie est divisé par une longue île stable d'environ 150 m couverte de boisements de feuillus matures. Ce tronçon est incapable de transporter des particules à granulométrie médiane dans

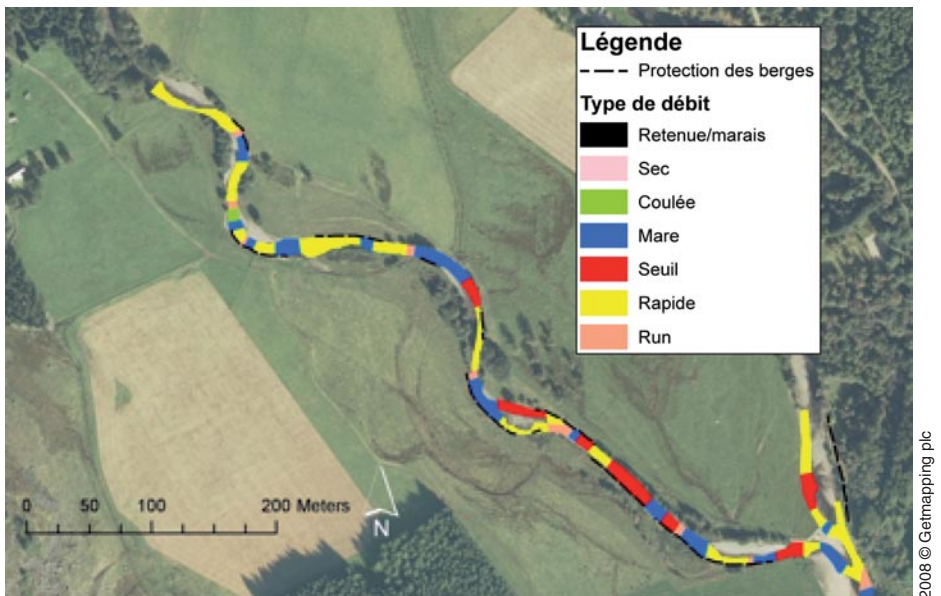
Caractéristiques	Moulzie	Acharn	Braedownie	
			Bras principal	Bras gauche
Longueur du tronçon (m)	1 202	809	712	199
Début de la zone de drainage (km ²)	18,0	25,7	56,1	56,1
Fin de la zone de drainage (km ²)	22,2	26,1	57,7	56,2
Sinuosité (-)	1,24	1,23	1,19	1,02
Largeur active du cours d'eau (m)*	13,5 (27-8)	13,8 (27-8,1)	23,4 (40-12,8)	9,8 (17,3-6,5)
Pente (m/m)*	0,009 (0,02-0,001)	0,013 (0,022-0,007)	0,010 (0,025-0,002)	0,013 (0,022-0,001)
Longueur totale de berges protégées (m)	738	487	190	30
Longueur de l'érosion des berges (m)	458	112	206	15
Longueur de l'érosion des berges maximum (m)	82	34	112	7
Matériaux des berges	Alluvion	Alluvion	Alluvion & fluvio-glaciaire	Alluvion
* Valeurs moyennes avec fourchette totale entre parenthèses				

[Tableau 1] **Caractéristiques physiques des tronçons étudiés**



2008 © Getmapping plc

[3] Cartographie des caractéristiques géomorphologiques, faciès sédimentaires et interprétation des régimes dominants de sédiments grossiers



2008 © Getmapping plc

[4] Distribution des types de débits et protection des berges

les conditions QMED, et la valeur moyenne la plus faible de τ^* indique la capacité à déplacer de plus gros sédiments et à altérer la morphologie, bien que l'érosion soit limitée, notamment

en aval de la confluence, comme indiqué par l'importance de l'étendue des seuils. L'érosion des berges, pouvant atteindre 11 m depuis septembre 2011, est localement sévère.

Avantages prévus de la restauration

Les effets hydromorphologiques prévus du retrait et de la restauration de la protection des berges ont été évalués [Tableau 2]. Les changements en matière de risques d'inondation ont également été examinés, et aucun changement significatif n'a été identifié, en dehors d'un endroit où la migration du cours d'eau vers une digue pourrait abaisser la berge et augmenter la fréquence des inondations.

Les avantages pour les habitats locaux qui peuvent découler de la restauration des travaux de protection des berges ont été identifiés :

- augmentation de la diversité de la morphologie dans les lits existants et par la reconnexion avec les anciens lits ;
- apparition d'un substrat plus fin pour des radiers plus adaptés aux frayères à salmonidés ;
- sapement des berges et apport de blocs fournissant des abris aux poissons ;
- augmentation de l'apport de sédiments pour le maintien des habitats à mulette perlière en aval.

Stratégie de restauration

La stratégie de restauration est axée sur l'instauration d'avantages pour la mulette perlière d'eau douce en développant le nombre de salmonidés, par l'amélioration de l'habitat et l'augmentation de l'apport de sédiments en aval des tronçons nécessaires au soutien de l'habitat de la mulette perlière d'eau douce.

Les mesures de restauration sont principalement constituées du retrait de

l'encrochement des berges accompagné de mesures d'amélioration, y compris le reprofilage des berges et la reconnexion avec les anciens lits. Les impacts de ces mesures ont été examinés et, à court terme, il existe une probabilité accrue d'une érosion des berges et d'un écoulement de sédiments, ainsi que de légères augmentations/diminutions de la mobilité du lit, tandis qu'à long terme, on s'attend à une augmentation des taux de migration latérale, des secteurs lenticques plus naturels, une répartition plus naturelle des sédiments du lit et une complexité morphologique accrue.

Ces mesures de restauration favorisent une répartition plus naturelle des sédiments du lit offrant ainsi des avantages aux habitats locaux. La présence de substrats plus fins, plus appropriés aux frayères à salmonidés, et l'amélioration de la complexité de l'habitat profiteront à tous les stades de la vie du saumon. Ces avantages liés à l'habitat profitent également à la mulette perlière d'eau douce et aux autres organismes vivants.

Une analyse multicritères (MCA) a été développée pour accorder la priorité aux sites, sur la base de ces structures de protection des berges qui ont profité du plus grand impact sur les processus naturels, de l'avantage potentiel de l'amélioration de l'habitat et du risque pour les récepteurs (terres agricoles et infrastructures). En tenant compte des résultats de la MCA, de l'examen des détails pratiques des travaux de restauration et des discussions avec les parties prenantes locales, quatre zones ont été sélectionnées pour la conception. Ces dernières se concentrent sur sept des sites prioritaires. Les travaux de restauration devraient commencer au printemps 2015 avec un programme de suivi.

À court terme (< 1 an)	À long terme (1-10 ans)
<ul style="list-style-type: none"> - Érosion de la berge et écoulement des sédiments déstabilisés - Érosion de la berge pouvant être limitée grâce à la végétation riveraine et l'aspect linéaire des secteurs lenticques - Prévisions géomorphologiques suggérant une légère augmentation de la mobilité du lit 	<ul style="list-style-type: none"> - Migration des méandres et extension - Augmentation des alluvions et élargissement du lit - Limitation des futures interventions en raison de l'érosion de la structure naturelle et des ajustements qui ont déjà eu lieu - Élargissement du lit - Diminution de la taille des sédiments du lit en raison de son élargissement et d'un écoulement plus important des sédiments locaux

[Tableau 2] Effets hydromorphologiques prévus

Conséquences

Les structures de protection des berges constituent une pression morphologique commune, mais leurs impacts sont rarement documentés et les études de cas relatives à leur retrait dans les lits de graviers à haute énergie se font rares.

Cette évaluation de la restauration de la rivière offre un premier aperçu des impacts de la protection des berges, rarement quantifiés et documentés. Elle démontre également une approche simple, et à faible coût, de la prévision des effets des actions de restauration et de définition de la priorité des sites.

Mais il faut bien reconnaître qu'il existe des incertitudes en termes de prévision des taux de changements hydromorphologiques et de l'habitat. Un suivi solide aidera à obtenir un aperçu des taux de récupération de ce type de pression morphologique pour une meilleure appréhension des futurs travaux de restauration. ■

Bibliographie

LANGAN S. J., COOKSLEY S., YOUNG M., STUTTER M., SCOUALL F., DALZIEL A. & FEENEY I. 2007 – *The management and conservation of the freshwater pearl mussel Margaritifera margaritifera L. in Scottish catchments designated as Special Areas of Conservation or Sites of Special Scientific Interest*. SNH commissioned research report, 249, Scottish Natural Heritage, Battleby.

Kenneth MACDOUGALL & Hannah BARKER : EnviroCentre Ltd., Craighall Business Park, Glasgow, Royaume-Uni
kmacdougall@envirocentre.co.uk
Stephen ADDY & Susan COOKSLEY : The James Hutton Institute, Aberdeen, Royaume-Uni
stephen.addy@hutton.ac.uk

A green-tinted photograph of a stream flowing through a forest. The stream is surrounded by large, mossy rocks and lush vegetation, including ferns in the foreground. The water reflects the surrounding greenery. The word "Posters" is overlaid in a green, sans-serif font on the right side of the image.

Posters

Thème 1

Bivalves d'eau douce en Europe : statut et enjeux de conservation

- ▶ **Statut biologique et essai d'identification des causes de régression de la moule épaisse *Unio crassus* sur le bassin versant de l'Allier en Auvergne (France)**

Sylvain VRIGNAUD

- ▶ **La moule perlière, un outil remarquable au service de notre action**

Gilles BARTHÉLÉMY

- ▶ **Projet LIFE grande moule**

Karl WANTZEN, Stéphane RIVIÈRE, Nina RICHARD, Philippe JUGÉ, Yann GUÉREZ, Élodie HUGUES, Guillaume MÉTAYER & Rafael ARAUJO

- ▶ **Loin des yeux, loin du cœur : la situation critique de la grande moule et d'autres naïades de France**

Vincent PRIÉ



Statut biologique et essai d'identification des causes de régression de la mulette épaisse *Unio crassus* sur le bassin versant de l'Allier en Auvergne (France)

Sylvain VRIGNAUD



S. Botto

S. Vrignaud

La mulette épaisse, *Unio crassus*, bénéficie d'une protection nationale et figure en annexes II et IV de la directive « Habitat-Faune-Flore ». Malgré ce statut de protection, les rares données provenant de différentes localités de son aire de répartition mettent en évidence une importante régression. Pour autant, les études traitant de cette espèce restent encore peu nombreuses.

S'appuyant sur les données antérieures à 2012 et issues de collections, de la littérature grise et d'observations personnelles, 10 rivières ont été échantillonnées. Ces cours d'eau sont de taille modeste (largeur inférieure à 12 m et prospectable en waders). Des tronçons de taille variable et irrégulièrement disposés le long des rivières ont été prospectés à l'aide d'un aquascope afin de vérifier la présence actuelle de ces nuyades. En outre, différentes variables ont été relevées (pêches électriques, malacofaune, hydromorphologie...). Ainsi, plus de 11 km de cours d'eau ont été parcourus, soit en moyenne 4,23 % de la longueur des rivières concernées.

Seules quatre rivières ont révélé la présence actuelle de cette mulette. En outre, des recherches de coquilles issues de dépôt de crue sur les berges, le long de la rivière Allier, n'ont rien révélé. Elle y

était pourtant signalée comme commune vers 1900. Cette régression drastique sur ce périmètre se traduit par le statut « en danger critique d'extinction » suivant les critères de l'UICN.

En outre, parmi les différentes variables jusque là analysées, il ressort qu'il ne semble pas y avoir de différences significatives concernant l'ichtyofaune et la malacofaune associées entre les cours d'eau avec *Unio crassus* et sans. En revanche, il existe une différence significative entre ces situations pour le rapport largeur de plein bord et hauteur moyenne. Ce critère hydromorphologique traduit un enfoncement des rivières néfaste pour notre mulette. ■

Sylvain VRIGNAUD : Malacologue indépendant, Neuvy, France
vrignaud.sylvain@free.fr



S. Vrignaud

Mulette épaisse, *Unio crassus*



La mulette perlière, un outil remarquable au service de notre action

Gilles BARTHÉLÉMY



G. Barthélémy

Dans le contexte de dégradation des milieux aquatiques, de quels leviers disposons-nous pour agir ? Certaines espèces symboliques ont cette aptitude à mobiliser des dynamiques, telle que la mulette perlière. La découverte de l'espèce laisse à penser que « l'état des eaux est bon ». Notre diagnostic indique un état dégradé. Les populations diminuent. L'urgence est de faire connaître cet état de fait. La production d'indicateurs probants et de guide technique conduit à une prise de conscience.

La prise en compte du milieu fixe les priorités, fédère autour d'objectifs communs sur les thèmes de l'eau et de la biodiversité. Des actions sont réalisées sur le bassin versant : restauration de haies, de lits, suppression de fertilisation avec l'aide du « Groupe Mulette Limousin / PRA ». L'espèce conduit au classement des cours d'eau en réservoir biologique pour la continuité écologique. Des mesures de protection de l'espèce sont imposées dans les actes administratifs et les contrôles de police de l'environnement.

La mulette perlière est une réelle opportunité de fixer des objectifs globaux ambitieux pour l'atteinte du bon état écologique des masses d'eau. ■

Gilles BARTHÉLÉMY : Office national de l'eau et des milieux aquatiques – Service départemental de la Creuse, Guéret, France
gilles.barthelemy@onema.fr



ONEMA

Caractérisation du milieu pour la restauration de la mulette perlière en Limousin



Projet LIFE grande mulette

Karl WANTZEN, Stéphane RIVIÈRE, Nina RICHARD, Philippe JUGÉ, Yann GUÉREZ, Élodie HUGUES, Guillaume MÉTAYER & Rafael ARAUJO



N. Richard

Depuis juillet 2014, l'Université de Tours et le Conseil départemental de Charente-Maritime, coopèrent avec des partenaires en France, en Espagne et en Allemagne, afin de préserver les dernières populations de la « grande sœur » de la mulette perlière.

Moins sensible à la pollution de l'eau que les plus petites espèces, *Margaritifera auricularia* vit dans le potamon des grands cours d'eau et rivières. Cette espèce a cependant subi des pertes considérables en raison de la détérioration de l'habitat et de la disparition de ses poissons-hôtes, notamment l'esturgeon européen. Notre projet s'efforce de surmonter les goulots d'étranglement pour la conservation, à savoir une forte mortalité des jeunes mulettes, l'accumulation de boue anoxique sur le site de la plus grande population de la Charente, et de rechercher des espèces de poissons-hôtes alternatives. ■

Karl WANTZEN & Stéphane RIVIÈRE : CNRS UMR 7324 CITERES, Université François Rabelais, Tours, France
karl.wantzen@univ-tours.fr

Nina RICHARD, Philippe JUGÉ & Yann GUÉREZ : CETU Elmis Ingénieries, Université de Tours, Chinon, France
nina.richard@univ-tours.fr

Élodie HUGUES & Guillaume MÉTAYER : Conseil départemental de Charente-Maritime, Rochefort, France
elodie.hugues@cg17.fr

Rafael ARAUJO : Musée National de Sciences Naturelles-CSIC, Madrid, Espagne
rafael@mncn.csic.es



P. Jugé

Grande mulette, *Margaritifera auricularia*



Loin des yeux, loin du cœur : la situation critique de la grande mulette et d'autres naïades de France

Vincent PRIÉ



M. Robillard

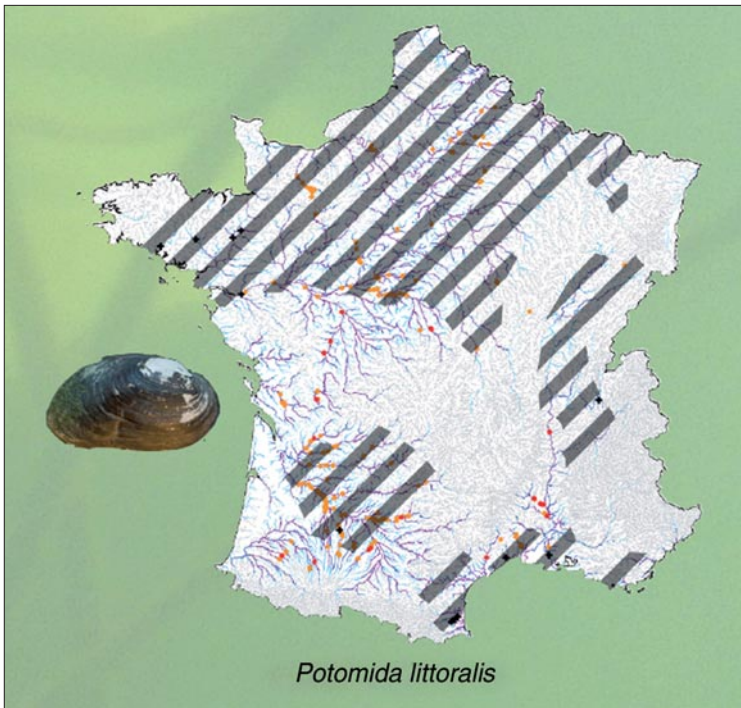
V. Prié

Alors que la situation préoccupante de la mulette perlière *Margaritifera margaritifera* mobilise largement les acteurs de la conservation de la nature en France et en Europe, d'autres espèces moins charismatiques, parce que moins visibles et/ou moins largement répandues, subissent un sort encore plus inquiétant. L'aval des grands bassins hydrographiques est méconnu des naturalistes, alors que les perturbations anthropiques y sont encore plus importantes.

Les aires de répartition naturelles de différentes espèces de naïades de France ont été modélisées en ignorant les facteurs limitants d'origine anthropiques tels que la pollution, les obstacles etc. de manière à inférer une aire de distribution idéale en France. À partir de cette aire de répartition théorique, peuvent être dessinés les polygones convexes de présence, ou

zones d'occurrence (« extent of occurrence » *sensus* UICN) optimales, qui sont utilisés, par exemple, dans le cadre des catégorisations pour les listes rouges. Bien que relativement grossière, cette méthode permet d'objectiver et de quantifier la raréfaction des différentes espèces.

Par ailleurs, des données bibliographiques ont été compilées et des prospections de



V. Prié

terrain ont été réalisées pour tenter de retrouver certains taxons mal définis.

Alors qu'elle était largement répandue dans les grands fleuves, du Danemark au Portugal, la grande moule *Margaritifera auricularia* ne subsiste plus que par quelques noyaux de population en France et en Espagne, tous menacés à des degrés divers. Le déclin de sa zone d'occurrence en France peut être estimé à 90 %, mais son déclin à l'échelle européenne est encore plus important. En effet, les noyaux de population qui subsistent sont souvent au bord de l'extinction.

Bien que ne bénéficiant d'aucune mesure de conservation, la moule des rivières *Potomida littoralis* est la seconde espèce la plus menacée, avec près de 75 % de diminution de sa zone d'occurrence en France. En limite d'aire en France, elle a vraisemblablement complètement disparu des bassins de la Seine et des fleuves côtiers normands et bretons.

La moule renflée *Unio tumidus* arrive en troisième position avec une diminution de 70 % de sa zone d'occurrence en France.

La diminution des zones d'occurrence de la moule perlière *Margaritifera margaritifera* et de la moule épaisse *Unio crassus*, qui bénéficient de plus de 90 % des fonds alloués à la conservation des bivalves en

Europe, n'est « que » de 50 et 40 %, respectivement.

La moule des peintres *Unio Pictorum* et la moule méridionale *Unio manus* semblent être les moins menacées, mais accusent tout de même une diminution évaluée respectivement à 20 et 30 % de leurs zones d'occurrence.

Par ailleurs, certains taxons au statut taxonomique mal connu n'ont pas pu être retrouvés. Il s'agit en particulier de la moule bigoudaine *Unio pictorum deshayesii* et de la moule landaise *Unio pictorum platyrhynchoideus*, qui semblent avoir complètement disparu avant d'avoir pu être étudiées. La dégradation de la qualité des cours d'eau bretons pourrait être en cause pour la première. Il est plus difficile de déterminer ce qui a pu changer dans les lacs des Landes depuis la fin du XIX^e siècle. Les effets de la démoustication sur les bivalves d'eau douce n'ont pas été étudiés, mais force est de constater que les zones démoustiquées (façades atlantique et méditerranéenne) sont aujourd'hui très pauvres en Naïades, alors que la bibliographie témoigne d'une relative abondance par le passé. ■

Vincent PRIÉ : Biotope, Mèze, France
vprie@biotope.fr

Thème 2

Apports récents sur la biologie et l'écologie des bivalves d'eau douce en Europe, en lien avec leur conservation

▶ **Expériences de renforcement et de systèmes d'élevage *in-situ* de mulette perlière dans le Massif armoricain (France)**

Pierre-Yves PASCO, Marie CAPOULADE, Pierrick DURY, Maria RIBEIRO, Benjamin BEAUFILS & Loïc ROSTAGNAT

▶ **Influence des souches et des conditions environnementales sur la survie et la croissance de jeunes mulettes perlières dans une expérience d'exposition croisée**

Marco DENIC, Jens-Eike TAUEBERT, Michael LANGE, Frankie THIELEN, Christian SCHEDER, Clemens GUMPINGER & Juergen GEIST

▶ **Élevage en captivité de *Margaritifera margaritifera* (L., 1758) en Galice (Espagne) : rapport de résultats préliminaires**

Catarina VARELA, Sabela LOIS, Adolfo OUTEIRO, Ramón MASCATO, Rafaela AMARO, Eduardo SAN MIGUEL & Paz ONDINA

▶ **Quand les mulettes se cachent lorsque l'on veut les compter !**

Xavier CUCHERAT, Damien FROMENT, Laurent PHILIPPE & Noélie TAPKO



Expériences de renforcement et de systèmes d'élevage *in-situ* de mulette perlière dans le Massif armoricain (France)

Pierre-Yves PASCO, Marie CAPOULADE, Pierrick DURY, Maria RIBEIRO, Benjamin BEAUFILS & Loïc ROSTAGNAT



P.-Y. Pasco

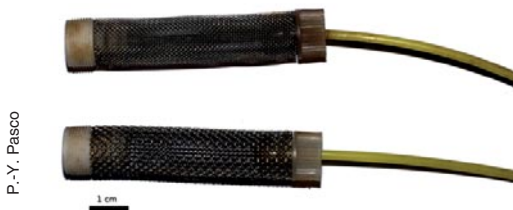
H. Romné

Le programme LIFE+ « Conservation de la mulette perlière d'eau douce du Massif armoricain » a pour objectif la sauvegarde des six principales populations de mulette perlière du Massif armoricain. Un des problèmes identifiés est l'absence de recrutement en jeunes mulettes. Une station d'élevage a été construite. Sur les rivières, des actions de restauration de l'habitat ont débuté. Les premiers renforcements de populations ont commencé en 2012. Nous avons utilisé des tubes cylindriques en grillage d'acier inoxydable pour tester la survie et la croissance d'une partie des jeunes mulettes relâchées.

Dans chaque cours d'eau, 12 tubes grillagés (avec une maille de 0,42 mm ou de 0,8 mm) contenant chacun 5 mulettes d'un an ont été installés pendant 3 mois (60 mulettes par cours d'eau). En Bretagne, ils ont été placés, ensemble, en tête de radiers, enfouis dans un tas de graviers et/ou de pierres, à l'horizontale. En Basse-Normandie, ils ont été placés à la verticale sur des radiers, espacés de quelques dizaines de centimètres, enfoncés dans un trou préalablement réalisé à la barre à mine. En Bretagne, les mulettes utilisées étaient issues de la même rivière ; alors qu'en Basse-Normandie, elles provenaient d'une souche bretonne.

Le taux de survie varie de 6,67 % à 95 %. Il est beaucoup plus important sur les rivières de Bretagne que sur les autres. La taille de la maille des tubes grillagés pourrait avoir une influence sur la survie des mulettes. La croissance moyenne a été de l'ordre de 0,5 mm pour les rivières de Bretagne. Pour les rivières de Basse-Normandie, au vu des faibles taux de survie, très peu de mesures ont pu être réalisées.

Il est possible que ces résultats aient été biaisés par le fait 1) que la méthodologie d'installation des tubes n'a pas été la même en Bretagne et en Basse-Normandie, 2) que les mulettes utilisées sur les rivières de Basse-Normandie provenaient d'une souche bretonne; alors qu'en Bretagne nous avons pu utiliser, sur chaque rivière, des jeunes mulettes issues des populations de mulettes du même cours d'eau. Il est également possible que les différents paramètres



P.-Y. Pasco

physico-chimiques de l'eau des rivières ainsi que ceux de leurs sédiments aient une influence sur ces résultats.

Néanmoins, l'utilisation de cette technique nous semble intéressante, dans le cadre d'un programme de renforcement de populations, pour mesurer la survie et la croissance de jeunes mulettes. ■

Pierre-Yves PASCO & Marie CAPOULADE : Bretagne Vivante – SEPNEB, Brest, France
pierre-yves.pasco@bretagne-vivante.org

Pierrick DURY : Fédération Départementale pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique (FDPPMA)29, Quimper, France
salmofede29@wanadoo.fr

Maria RIBEIRO : CPIE des Collines normandes, Ségrie-Fontaine, France
m.ribeiro@cpi61.fr

Benjamin BEAUFILS : Parc naturel régional Normandie-Maine, Carrouges, France
benjamin.beaufils@parc-normandie-maine.fr

Loïc ROSTAGNAT : Syndicat Intercommunal d'Aménagement et d'Entretien de la Sienne, Gavray, France
loic.rostagnat@siaes.net



Influence des souches et des conditions environnementales sur la survie et la croissance de jeunes moules perlières dans une expérience d'exposition croisée

Marco DENIC, Jens-Eike TAUEBERT, Michael LANGE, Frankie THIELEN, Christian SCHEDER, Clemens GUMPINGER & Juergen GEIST



M. Denic

S. Beggel

La moule perlière (*Margaritifera margaritifera*) est un bivalve d'eau douce extrêmement complexe et sensible, dont la survie des jeunes indique des habitats de haute qualité. Cette contribution étudie l'utilisation de jeunes moules perlières comme bio-indicateurs, en tenant compte de l'influence des différentes souches de moules perlières et des conditions environnementales des cours d'eau qui peuvent agir sur les performances de survie et de croissance.

Une expérience croisée normalisée a été réalisée pour étudier les performances de quatre souches de jeunes moules perlières en provenance des bassins du Rhin, du Danube et de l'Elbe, représentant des unités de conservation génétiques distinctes. Les jeunes moules ont été placées dans cinq cours d'eau sélectionnés pour leurs différentes qualités et pour leur état de recrutement de la population. Cinq cages à mailles contenant un nombre égal de 20 jeunes moules perlières par souche dans des chambres séparées ont été installées dans chacun des cours d'eau. Les taux de survie et de croissance des juvéniles ont été vérifiés après trois mois (avant leur premier hiver) et après neuf mois (après leur premier hiver). Les souches de moule perlière et les cours d'eau influencent de manière significative les performances des jeunes moules. Les taux de croissance semblent déterminés par les conditions du cours d'eau et augmentent avec la température de l'eau, le carbone organique et le rapport carbone-azote. Les taux de survie semblent varier selon les souches, indiquant différents niveaux d'adaptation locale à leurs cours d'eau d'origine. La moule perlière semble donc toute indiquée pour

être un bon bio-indicateur, du fait de la détection des différences spécifiques dans les cours d'eau sur la performance des jeunes moules. Cependant, il faut prendre en considération les spécificités des souches pour éviter de fausses interprétations sur les résultats de la bio-indication. L'exposition croisée des jeunes moules en dehors de leur habitat d'origine peut ainsi permettre d'augmenter leur survie et peut donc compléter les programmes de conservation. ■

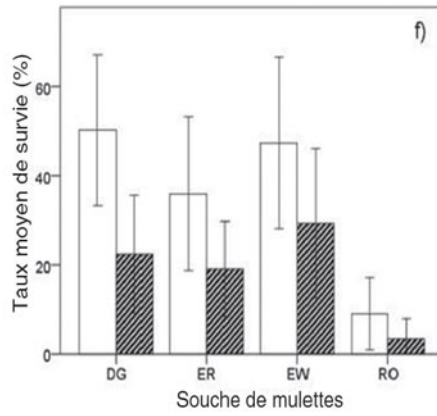
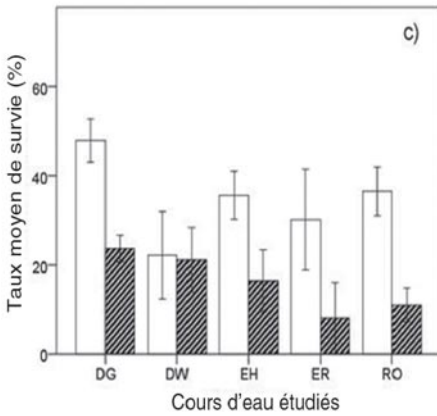
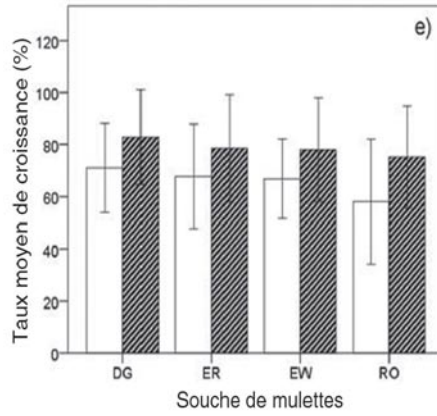
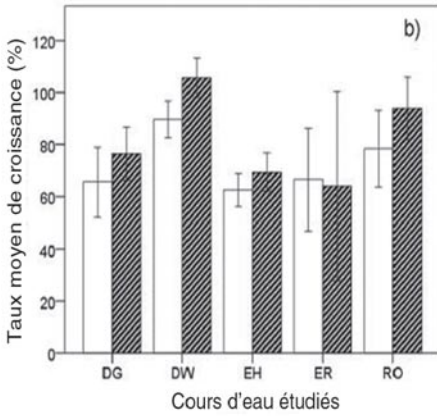
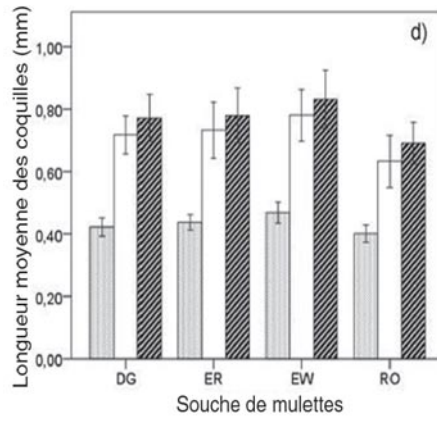
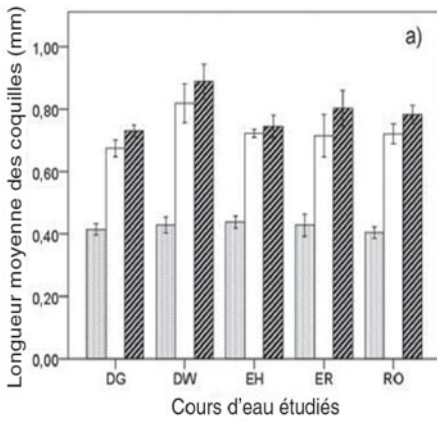
Marco DENIC & Juergen GEIST : Université technique de Muenchen – Service de la biologie des systèmes aquatiques – Gestion de l'écologie et de l'écosystème, Freising, Allemagne
muschel@tum.de

Jens-Eike TAUEBERT : Bezirk Niederbayern – Fachberatung für Fischerei, Landshut, Allemagne

Michael LANGE : PLD Vogtland – Plauen, Allemagne

Frankie THIELEN : natur & umwelt – Fondation Hëllef fir d'Natur, Kierchestrooss, Heinerscheid, Luxembourg

Christian SCHEDER & Clemens GUMPINGER : Technisches Büro für Gewässerökologie – Blattfisch, Wels, Autriche



Longueur moyenne des coquilles, taux de croissance et taux de survie moyen selon les cours d'eau étudiés (a, b et c) et les souches de moules (d, e et f) à l'état hivernal (en grisé), avant l'hiver (en blanc) et au total (en foncé). Les abréviations des abscisses correspondent au bassin versant principal (première lettre) et au nom du cours d'eau (seconde lettre) :
DG = Danube, Giessenbach ;
DW = Danube, Wolfsteiner Ohe ;
EH = Elbe, Haarbach ;
ER = Elbe, Rauner Bach ;
RO = Rhin, Our.



Élevage en captivité de *Margaritifera margaritifera* (L., 1758) en Galice (Espagne) : rapport de résultats préliminaires

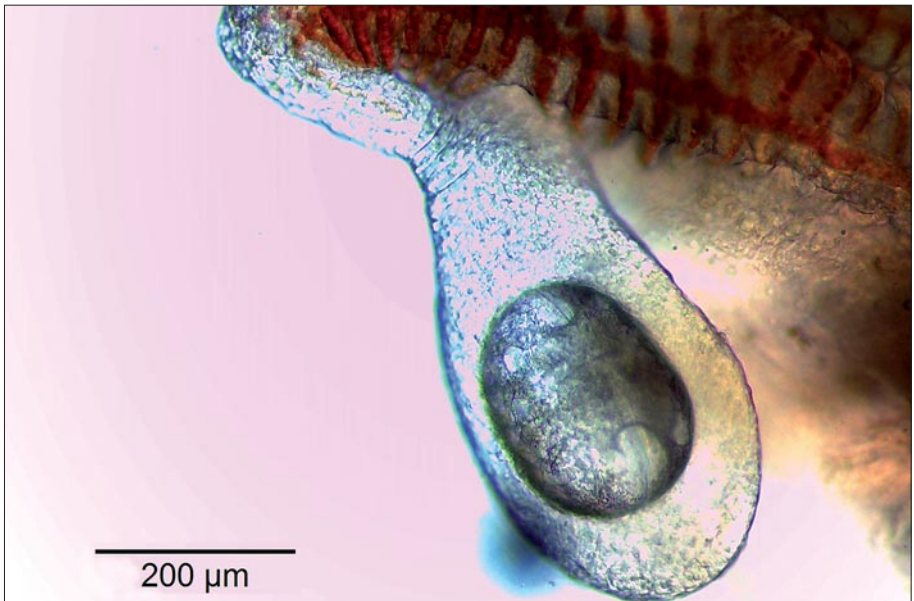
Catarina VARELA, Sabela LOIS, Adolfo OUTEIRO, Ramón MASCATO, Rafaela AMARO, Eduardo SAN MIGUEL & Paz ONDINA



C. Varela

Université de Saint-Jacques-de-Compostelle

Ce travail montre les premiers résultats de l'élevage en captivité de *Margaritifera margaritifera* et de la culture de jeunes mulettes au cours des années 2012 et 2013 au nord-ouest de l'Espagne. Y sont communiquées les données concernant les taux de mises en contact de plusieurs hôtes, tels que le saumon de l'Atlantique (*Salmo salar*, L.), la truite fario (*Salmo trutta* L.) et sa truite de mer écotype, ainsi que les taux de croissance des kystes formés par l'accroche des glochidies aux branchies. De plus, nous indiquons les taux de croissance et de survie des jeunes individus dans des conditions de laboratoire au cours d'une année. Ce travail fait partie de l'une des mesures de conservation pour le rétablissement de cette espèce, dans le cadre du projet LIFE « Margal Ulla » (LIFE 09NAT/ES/000514).



C. Varela

Catarina VARELA, Sabela LOIS, Adolfo OUTEIRO, Ramón MASCATO & Paz ONDINA :
Université de Saint-Jacques-de-Compostelle,
Département de Zoologie, Lugo, Espagne
catuxia@yahoo.es
mapaz.ondina@usc.es

Rafaela AMARO & Eduardo SAN MIGUEL :
Université de Saint-Jacques-de-Compostelle,
Département de Génétique, Lugo, Espagne



Quand les mulettes se cachent lorsque l'on veut les compter !

Xavier CUCHERAT, Damien FROMENT, Laurent PHILIPPE & Noélie TAPKO



X. Cucherat

V. Pfié

Les mulettes font partie des organismes les plus menacés à l'échelle mondiale et celles d'Europe ne sont pas épargnées par la crise de la biodiversité. Connaître leur abondance est donc de première importance. Ce sont des organismes mobiles qui vivent totalement ou partiellement enfouis dans les sédiments meubles des cours d'eau. Lorsque sont effectuées des estimations d'abondance dans des rivières ou des fleuves, il existe alors de fortes chances pour qu'une partie des individus soit totalement enfouie et échappe ainsi à l'échantillonnage. Les risques de biais d'estimation sont alors importants. L'abondance des mulettes est donc sous-estimée, ce qui est particulièrement gênant dans les études de suivis de population ou dans les études d'impact.

A l'occasion de trois campagnes d'échantillonnage effectuées sur trois types de rivières différentes (une grande, la Vienne ; une moyenne, la Cure ; une petite, la Saulx), une estimation non biaisée de l'abondance des espèces de mulette a été mise en œuvre à l'aide d'un double échantillonnage impliquant des excavations de sédiment. Dans la Vienne, la Cure et la Saulx, un échantillonnage systématique a été la technique de sondage de base. Les mulettes ont été recherchées dans des cadrats de 50 cm x 50 cm. Un cadrat sur trois pour la Vienne, un sur quatre pour la Cure et la totalité pour la Saulx ont été excavés, après comptage préalable des individus visibles en surface. Dans les trois cas d'étude, la visibilité dépassait le mètre.

Sur 310 cadrats, 141 contiennent des mulettes, dont 16 n'ont que des spécimens totalement enfouis, 103 uniquement des individus visibles en surface et 22 des individus visibles et enfouis. Il y a donc un total de 38 cadrats qui présentent des individus enfouis. Sur la Saulx, 60 excavations ont été effectuées ; 48 mulettes ont été observées et, parmi elles, 4 étaient totalement enfouies, faisant un pourcentage d'individus non détectés de 8,3 %. Sur la Vienne, 282 mulettes ont été observées et 44 totalement enfouies ont été trouvées à l'aide des excavations, faisant un taux d'individus enfouis de 15 %. Sur la Cure, 28 excavations ont été réalisées permettant la détection de 4 mulettes toutes totalement enfouies, faisant un taux de 100 % d'individus enfouis.

Sur la Vienne, la mulette épaisse, la mulette des rivières et la mulette des peintres ont respectivement 25 %, 13,2 % et 50 % d'individus enfouis par rapport au nombre total d'individus observés dans les cadrats excavés. Sur la Cure, ce pourcentage passe à 100 % pour les mulettes méridionales, tandis qu'il est de 8 % sur la Saulx.

Ces résultats montrent l'importance de la prise en compte des individus enfouis, donc de la réalisation d'excavations en rivière, lorsque l'on souhaite faire une estimation non biaisée de l'abondance des mulettes. ■



N. Tapko

Xavier CUCHERAT, Damien FROMENT, Laurent PHILIPPE & Noélie TAPKO : Biotope, Mèze, France
xcucherat@biotope.fr

Thème 3

De la gestion des populations à la gestion des bassins versants

- ▶ **Les actions en faveur des mulettes perlières en Basse-Normandie**
Maria RIBEIRO, Benjamin BEAUFILS & Loïc ROSTAGNAT
- ▶ **Restauration écologique des cours d'eau : l'analyse paysagère pour orienter la conservation d'une espèce cible**
Marion DELISLE, Jérôme SAWTSCHUK, Isabelle MULLER & Ivan BERNEZ
- ▶ **Lien entre dépôt des sédiments et qualité de l'habitat aquatique dans les cours d'eau à mulette perlière : incidences sur la conservation**
Marco DENIC & Juergen GEIST
- ▶ **Mise en place d'un réseau expérimental collaboratif sur la réhabilitation des zones humides dans le département du Finistère**
Armel DAUSSE, Sébastien GALLET & Corinne THOMAS
- ▶ **Gestion agricole des parcelles riveraines des cours d'eau dans les monts d'Arrée**
Jérémie BOURDOULOUS



Les actions en faveur des mulettes perlières en Basse-Normandie

Maria RIBEIRO, Benjamin BEAUFILS & Loïc ROSTAGNAT



M. Ribeiro

H. Rommé

La mulette perlière, espèce devenue emblématique de nos rivières, se trouve depuis plusieurs années à la merci de la dégradation de la qualité de son milieu de vie. À tous les stades de son existence, elle rencontre des obstacles à sa survie : colmatage des fonds, qualité de l'eau courante inadaptée, obstacles à la circulation des salmonidés... autant de circonstances qui ne sont pas sans conséquence sur le maintien de l'espèce dans notre région.

A fin de restaurer la qualité des rivières, les collectivités et les associations mettent tout en œuvre et mobilisent tous les moyens possibles pour entrer en action. Des aides de l'État, de l'Europe ou des Agences de l'eau venant soutenir les opérateurs sont autant de moyens pour parvenir à rétablir la qualité du milieu de vie de la mulette perlière.

Les actions qui sont mises en œuvre consistent :

- à protéger les berges du piétinement (clôtures, restauration de la ripisylve) et à équiper les parcelles de systèmes pour l'abreuvement du bétail (descentes au cours d'eau aménagées, pompes à nez, bacs gravitaires) ;
- à rétablir la continuité écologique des rivières (enlèvement des barrages, seuils, buses...)
- à rétablir l'hydromorphologie des cours d'eau grâce à des travaux de remise dans le talweg ;

- à encourager le maintien de végétation au bord des cours d'eau.

Ainsi, nous pouvons espérer un jour voir les rivières retrouver tout leur potentiel pour héberger des populations dynamiques de mulette perlière et les voir évoluer naturellement avec leurs poissons-hôtes, tels les salmonidés, dans les rivières bas-normandes. ■

Maria RIBEIRO : CPIE des Collines normandes, Ségrie-Fontaine, France
m.ribeiro@cpie61.fr

Benjamin BEAUFILS : Parc naturel régional Normandie-Maine, Carrouges, France
benjamin.beaufils@parc-normandie-maine.fr

Loïc ROSTAGNAT : Syndicat Intercommunal d'Aménagement et d'Entretien de la Sienne, Gavray, France
loic.rostagnat@siaes.net



SIAES



Restauration écologique des cours d'eau : l'analyse paysagère pour orienter la conservation d'une espèce cible

Marion DELISLE, Jérôme SAWTSCHUK, Isabelle MULLER & Ivan BERNEZ



H. Rommé

M. Delisle

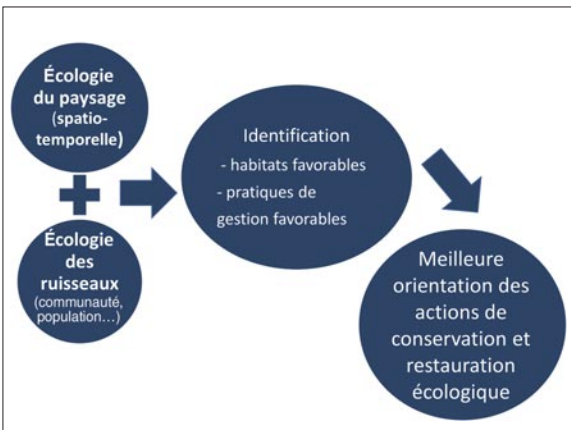
L'étude de nombreuses photographies aériennes sur le bassin versant de l'Oir, en Basse-Normandie, a permis une analyse spatio-temporelle du paysage des abords de ruisseaux de ce secteur.

Les saumons de l'Atlantique (*Salmo salar*) et les truites (*Salmo trutta*), présents sur ce bassin versant, sont les espèces cibles des gestionnaires et font l'objet de nombreux suivis scientifiques dans le cadre de l'Observatoire de recherche en environnement sur les petits fleuves côtiers.

La mise en relation de ces données écologiques en ruisseau et une analyse paysagère permet de cibler des éléments du paysage (ex : densité de ripisylve, âge de la ripisylve...) corrélés à la présence ou à l'absence de populations animales inféodées à ces ruisseaux. L'exploitation de ces résultats permet alors d'orienter les actions de gestion vers une restauration écologique en fonction des exigences

d'une espèce donnée à grande échelle.

Cette méthode pourrait être transposée à d'autres espèces que les salmonidés. Des sites particulièrement intéressants pour la restauration écologique ou la réintroduction d'espèce pourraient être ciblés. Cette méthode est en cours de test dans le bassin versant de la Sélune pour l'écrevisse à patte blanche (*Austropotamobius pallipes*), et paraît potentiellement intéressante pour la mulette perlière (*Margaritifera margaritifera*) : elle a un statut de protection élevé, ses traits d'histoire de vie sont liés à d'autres espèces d'intérêt patrimonial et les exigences écologiques, tant à l'échelle locale que paysagère, sont primordiales à sa survie. ■



Marion DELISLE, Isabelle MULLER & Ivan BERNEZ : INRA Rennes – UMR Écologie et santé des écosystèmes – Conservation et restauration des écosystèmes aquatiques, Rennes, France
marion.delisle@rennes.inra.fr

Jérôme SAWTSCHUK : Université de Bretagne Occidentale – Institut de Géoarchitecture, Brest, France
jerome.sawtschuk@univ-brest.fr



Lien entre dépôt des sédiments et qualité de l'habitat aquatique dans les cours d'eau à moule perlière : incidences sur la conservation

Marco DENIC & Juergen GEIST



S. Beggel

M. Denic

L'introduction de sédiments fins dans les cours d'eau est considérée comme ayant un effet majeur sur la qualité de l'habitat, affectant la reproduction des espèces sensibles telles que les unionidés et les salmonidés. À ce jour, nous manquons d'informations sur l'ampleur et la résolution spatio-temporelle de l'introduction des sédiments.

Cette étude vise à quantifier le dépôt spatio-temporel des sédiments fins dans les cours d'eau supérieurs par rapport à l'état des espèces que sont les moules perlières *Margaritifera margaritifera* et les truites *Salmo trutta*. Le dépôt de sédiments fins est lié aux conditions physico-chimiques du lit du cours d'eau adjacent.

La déposition moyenne observée de sédiments fins sur la période de l'étude est de $3,4 \text{ kg.m}^{-2}.\text{mois}^{-1}$, avec une variation spatio-temporelle allant de moins de 0,01 à $20,3 \text{ kg.m}^{-2}.\text{mois}^{-1}$. La décharge a la plus forte influence sur les taux de dépôt.

La différence de moyenne de potentiel redox entre l'eau s'écoulant librement et la zone interstitielle est de 90 mV. La variabilité spatio-temporelle des paramètres physico-chimiques augmente avec le degré de dégradation, et la haute qualité dispose de conditions plus constantes.

Nos résultats indiquent que la surveillance de la qualité des sédiments et des dépôts dans les cours d'eau doit comporter plusieurs étapes temporelles et plusieurs portées, ou devrait, au moins, être effectuée pendant les périodes de conditions d'habitat les plus défavorables, pour des évaluations valides de la qualité de l'habitat. Dans les cours d'eau avec une augmentation des dépôts de sédiments fins, des mesures de restauration sont insuffisantes à l'amélioration des habitats de la moule perlière, en raison du colmatage rapide des espaces interstitiels. Seule une gestion

intégrée du bassin versant basée sur une analyse détaillée de l'habitat peut assurer une qualité suffisante de l'habitat pour les espèces sensibles à l'envasement. ■

DENIC M. & GEIST J. 2014 – *Linking stream sediment deposition and aquatic habitat quality in pearl mussels streams: implications for conservation. River Research and Application*, sous presse.



M. Denic

Marco DENIC & Juergen GEIST : Université technique de Munich – Unité de biologie des systèmes aquatiques – Gestion de l'écologie et des écosystèmes, Freising, Allemagne
marco.denic@tum.de



Mise en place d'un réseau expérimental collaboratif sur la réhabilitation des zones humides dans le département du Finistère

Armel DAUSSE, Sébastien GALLET & Corinne THOMAS



A. Dausse

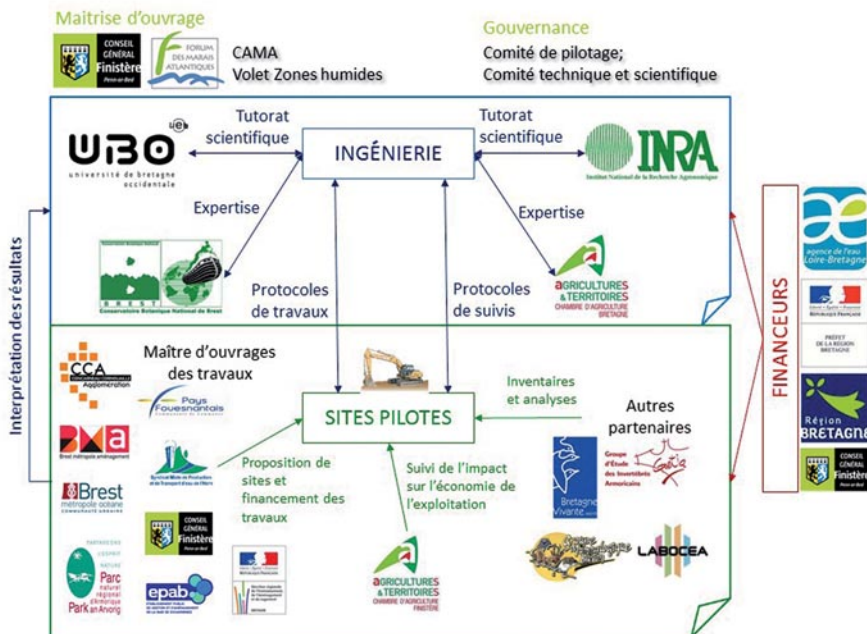
Depuis quelques années, les acteurs du territoire finistérien ont exprimé des questionnements importants sur les modalités de réhabilitation des zones humides et le suivi de ces opérations. Ceux-ci sont notamment en lien avec le durcissement de l'application des mesures de compensation écologique ou les plans « algues vertes ». Pour y répondre, un réseau de sites expérimentaux a été mis en place sur la réhabilitation de zones humides dans le Finistère.

Les objectifs sont, entre autres, de :

- consolider et valider des protocoles de travaux de réhabilitation de zones humides, notamment des opérations de suppression de drainage ou de remblais, ou de déboisement de résineux ;
- quantifier les gains écologiques apportés

par la réhabilitation, notamment en termes de quantité et de qualité de la ressource en eau, de biodiversité ;

- quantifier l'impact sur l'économie de l'exploitation agricole ;
- trouver des indicateurs simples de suivis pouvant être proposés aux maîtres d'ouvrage.



A. Dausse

La mise en place de ce réseau est coordonnée par la CAMA (Cellule d'animation sur les milieux aquatiques – volet zones humides) dans laquelle sont associés le Conseil départemental du Finistère et le Forum des marais atlantiques. Différents partenaires techniques et scientifiques y sont associés, notamment l'Université de Brest, l'INRA de Rennes, le Conservatoire botanique national de Brest, Bretagne Vivante – SEPNEB, le Groupe d'étude des invertébrés armoricains (GRETIA), le Groupe mammalogique breton (GMB) ou encore les chambres d'agriculture (départementale et régionale). Sa mise en œuvre est basée sur le suivi de sites pilotes, choisis suite à un appel à projet auprès de différents acteurs susceptibles de porter des travaux de réhabilitation de zones humides. Les opérations de restauration ou de réhabilitation sont menées par les collectivités qui conventionnent si besoin avec les agriculteurs et assurent également leur financement, le réseau apportant un soutien technique et scientifique pour la définition des protocoles de réhabilitation, le suivi et l'évaluation.

Le montage original de ce projet permet de mettre en synergie les actions des différents acteurs du territoire. Il permet aux

collectivités maîtres d'ouvrage des travaux d'être accompagnées techniquement dans la mise en place des travaux et de disposer d'un suivi et d'une évaluation de ces travaux en lien avec les enjeux du territoire. Le réseau permet également d'optimiser les moyens mis en œuvre. Pour les scientifiques, il permet de mettre en œuvre des protocoles expérimentaux « grandeur nature », de diffuser les connaissances et de bénéficier de retours d'expériences. Pour les promoteurs du projet, il s'agit de valoriser l'action des acteurs territoriaux et de diffuser les connaissances acquises.

La mise en place de ce réseau est donc un exemple particulièrement intégré de collaboration à l'échelle d'un territoire pour la réhabilitation de milieux naturels. ■

Armel DAUSSE : Cellule d'animation sur les milieux aquatiques, Forum des marais Atlantique, Brest, France
adausse@forum-marais-atl.com

Sébastien GALLET : Université de Bretagne Occidentale – EA2219 Géoarchitecture
sebastien.gallet@univ-brest.fr

Corinne THOMAS : Cellule d'animation sur les milieux aquatiques, Conseil départemental du Finistère, France
corinne.thomas@finistere.fr



Gestion agricole des parcelles riveraines des cours d'eau dans les monts d'Arrée

Jérémie BOURDOULOUS



J. Bourdoulous

GPO-PNRA

La population de mulette perlière de l'Elez, affluent de l'Aulne, se situe en plein cœur du Parc naturel régional d'Armorique. Cette zone présente un chevelu de cours d'eau remarquable avec les sources d'importants fleuves côtiers de Basse Bretagne. Les facteurs environnementaux locaux sont propices aux zones humides qui couvrent de vastes superficies du bassin versant. Elles sont de fait garantes de l'intégrité des cours d'eau de ce secteur. Ainsi, depuis les années 1990, l'attention du Parc s'est portée sur l'accompagnement de l'activité agricole en interaction directe avec les zones humides riveraines.

Les prairies humides, les landes et les tourbières des monts d'Arrée ont constitué jusqu'au milieu du XX^e siècle une ressource largement mobilisée par l'agriculture. Progressivement, l'évolution des systèmes d'exploitation entraîne une perte d'intérêt économique pour ces espaces dits de moindre valeur agronomique. La diminution de l'activité agricole sur ces habitats semi-naturels, entraînant une évolution lente des paysages (dynamique naturelle de boisement), peut conduire momentanément à une homogénéisation de la flore.

Or, ces zones humides sont un patrimoine biologique unique en Bretagne. Ainsi, dans le milieu des années 2000, les monts

d'Arrée sont identifiés à l'échelle européenne comme zone spéciale de conservation : site Natura 2000.

C'est en intégrant les dimensions « biodiversité, paysage et développement économique » que le Parc, fort des premières expériences menées aux landes du Cragou par l'association Bretagne Vivante – SEPNB, initie, à partir des années 1990, une politique expérimentale de contractualisation avec les éleveurs volontaires du secteur. L'opération groupée d'aménagement foncier débute en 1993. Ces contrats de 5 ans sont mobilisables pour la gestion des landes et des prairies humides. La rémunération des éleveurs se fait en fonction d'un cahier des charges qui implique l'absence de fertilisation, de retournement du sol et de traitement phytosanitaire. Un diagnostic initial des parcelles est effectué par le Parc et avec les éleveurs.

L'Elez est considéré comme une rivière d'excellente qualité. Il reste vulnérable car dépendant des pressions anthropiques exercées sur son bassin versant amont. Le maintien d'une politique agro-environnementale ambitieuse dans le cadre de la prochaine politique agricole commune sera donc un levier de la préservation de la population de mulette perlière. ■

Jérémie BOURDOULOUS : Parc naturel régional d'Armorique, Le Faou, France
jeremie.bourdoulous@pnr-armorique.fr



J. Bourdoulous - PNRA

Fauche de landes humides à Botmeur



Table ronde



Quel avenir pour la conservation de la mulette perlière dans le Massif armoricain ?

Synthèse de la table ronde,
animée par Jean-Luc TOULLEC, Michel BACLE,
Marie CLÉMENT & Michel DY,
rapportée par Maëva AUFFRAY et Marie CAPOULADE

Le programme LIFE « mulette » prend officiellement fin le 31 août 2016. Après 6 ans de travaux, de suivis, de partenariats et de sensibilisation, se pose la question de la pérennité des actions engagées. La déclinaison régionale du plan national d'actions semble être le meilleur cadre que nous ayons aujourd'hui.



Bretagne Vivante – SEPNE

Le cadre communautaire et français

Au niveau communautaire, la directive « Habitat-Faune-Flore » de 1992 a pour objet la préservation des habitats naturels de la faune et de la flore sauvage, et complète ainsi la directive « Oiseaux ». Elle reprend les grandes lignes de la Convention de Berne (1979), les renforce et les amplifie sur le territoire des États membres. Cette directive a pour objectif la constitution d'un « réseau écologique

européen cohérent de zones spéciales de conservation, dénommé Natura 2000 » où il importe de garantir le maintien de processus biologiques ou des éléments nécessaires à la conservation des types d'habitats ou des espèces pour lesquelles elles ont été désignées. Dans ce cadre, la grande mulette et la mulette perlière ont fait l'objet en 2001 d'un plan d'actions européen qui décline un ensemble de grands objectifs pour sauver ces espèces de l'extinction (Araujo & Ramos, 2001).

En France, la loi majeure pour l'ensemble des acteurs agissant dans le domaine de la protection de la nature est la loi

Grenelle 1 de 2009. Elle a pour objectif premier de stopper la perte de biodiversité et évoque un grand nombre d'outils abordés dans de nombreuses présentations de ce colloque, tels que les documents d'objectifs Natura 2000, la trame verte et bleue, la Stratégie de créations des aires protégées ou plus spécifiquement l'élaboration de plans de conservation et de restauration des espèces en danger critique d'extinction. Avec cette loi de 2009, la France possède un cadre tout à fait légitime pour que les différentes parties prenantes travaillent à la protection de la nature : services de l'État, opérateurs Natura 2000, réserves naturelles, parcs naturel régionaux, associations, etc. Un plan national d'actions en faveur de la mulette perlière a ainsi été élaboré (Prié *et al.*, 2012).

Quel intérêt de préserver la mulette perlière ?

L'exemple bien connu des jardins à la française nous montre que notre culture nous a amené inconsciemment à maîtriser la nature, ce qui n'est pas forcément le cas à l'étranger. Observer la nature évoluer d'elle-même, l'accompagner et la comprendre ne font pas traditionnellement partie de notre éducation. Ainsi, les espaces et les espèces subissent une pression anthropique très forte, notamment en Bretagne. Les questions des pratiques agricoles, de la qualité de l'eau, de la biodiversité, de l'urbanisation, de l'artificialisation des espaces... s'entremêlent et s'opposent parfois. Dans notre société, il est ainsi vital que la nature soit prise en compte comme une richesse pour un territoire, une plus-value. Si, au premier abord, la préservation de la mulette perlière peut faire sourire, les questions d'habitat, de la qualité d'eau, d'activités sur le bassin versant sont rapidement abordées. Ainsi, sa conservation touche non seulement à des enjeux de biodiversité mais aussi à des aspects socio-économiques, de qualité de vie, voire de santé publique, notamment à travers l'exemple de l'eau potable. La mulette perlière est une espèce exemplaire qui met en lumière la gestion et la vie de nos territoires.

Agir ensemble

Les rivières et les fleuves sont des milieux qui ne connaissent pas de frontières. Sur le Massif armoricain comme ailleurs, ces

écosystèmes traversent différents territoires, de leur source à leur arrivée à la mer. De la même manière, la conservation de ces écosystèmes traversent nos institutions : collectivités, élus, associations, population, usagers, agriculteurs... Réunissant l'ensemble de ces opérateurs autour de la table, la conservation de la mulette perlière est fédératrice de projets unificateurs et/ou de partenariats constructifs. En plus de l'implication des bénévoles (participation aux inventaires et élaboration de stratégies de conservation), grâce au programme LIFE « mulette », Bretagne Vivante – SEPNB a tissé des liens avec des acteurs que l'association côtoyait finalement peu jusqu'à présent. Le territoire du programme, le Massif armoricain, a d'abord nécessairement conduit à se rapprocher des partenaires bas-normands. Puis les acteurs de la protection des milieux aquatiques ont été mobilisés dans les deux régions : Communautés de communes, Parcs naturels régionaux, Syndicats de bassin, associations, Syndicats d'eau potable, cellules « milieux aquatiques » des Conseils départementaux, services départementaux de l'Office national de l'eau et des milieux aquatiques (ONEMA), Agences de l'eau, les Conseils régionaux, les Directions Régionales de l'Environnement (DREAL), les Directions départementales des territoires (et de la mer) (DDT(M)), les Fédérations de pêche, etc.

L'exemple de l'implication des pêcheurs

Sur le ruisseau de l'étang du Loc'h, dans les Côtes-d'Armor, la Fédération de pêche et de protection des milieux aquatiques ainsi que ses associations agréées associées s'investissent pour la sauvegarde de la mulette perlière. Après l'étonnement de l'existence d'une telle espèce dans cette rivière et la découverte de ses particularités, la mémoire rafraîchie des anciens a permis de recueillir quelques témoignages de présence de l'espèce : une « grande population » de mulette était autrefois présente dans ce secteur avant que le lac de Kerné-Uhel ne soit mis en eau et certaines personnes en consommaient. Cette re-découverte locale a suscité un vif intérêt pour les pêcheurs ou, pour mieux les nommer, devrait-on dire les « protecteurs des milieux aquatiques ». C'est donc tout naturellement qu'ils ont accepté de travailler avec Bretagne Vivante – SEPNB sur le programme LIFE « mulette » : pêches de suivi des populations de truites, indices biologiques globaux normalisés,

cartographies, travaux de restauration de la continuité écologique. Sur leur initiative, le secteur a même été placé en réserve de pêche.

L'exemple de l'implication des élus

Créé initialement pour des enjeux touristiques il y a environ 50 ans, le Syndicat de la vallée du Blavet s'est tourné vers la protection des milieux aquatiques dans les années 2000 avec la problématique de la migration des saumons. Si le bassin versant du Blavet possède une rive gauche avec une agriculture très intensive, des cours d'eau recalibrés, des taux de nitrate très élevés, la rive droite est en revanche plus préservée. On y retrouve notamment le ruisseau du Bonne Chère qui comporte la population la plus importante de l'ensemble du Massif armoricain mais aussi d'autres petits noyaux découverts grâce aux prospections réalisées par Bretagne Vivante – SEPNB. En effet, le Syndicat de la vallée du Blavet a souhaité améliorer ses connaissances sur la répartition de l'espèce en finançant des études d'inventaires réalisés par Bretagne Vivante – SEPNB chaque année depuis 2011. La présence de l'espèce sur le bassin a permis de valoriser tous les travaux réalisés par le Syndicat dans le cadre de leur Contrat territorial milieux aquatiques (CTMA) : continuité écologique, restauration des berges, aménagement de points d'abreuvement... Les élus du syndicat se sont avérés très sensibles à cette entrée « mulette », notamment pour les explications de l'intérêt des travaux menés qui visent l'excellence de nos cours d'eau. Jusqu'à présent, le travail du syndicat était axé sur les milieux aquatiques, désormais le levier de coopération avec les agriculteurs par rapport à l'amélioration de la qualité de l'eau va être actionné, notamment en ce qui concerne les nutriments et les pesticides.

Pour aller vers une agriculture bienfaisante

Globalement, le milieu paysan commence à prendre conscience que leurs bonnes pratiques peuvent être source de biodiversité. Par exemple, au niveau de la Chambre d'agriculture du Finistère, les actions de limitation de l'abreuvement au cours d'eau ou de limitation de l'érosion font leur chemin et contribuent à limiter le

transfert de particules fines dans les eaux bretonnes. Les problèmes liés au trop fort enrichissement des cours d'eau, notamment à travers les nitrates, commencent à être traités collectivement. Dans ce cadre, si l'agriculture apporte la biodiversité, la biodiversité apporte tout autant à l'agriculture. Compte-tenu de cela, il nous appartient de poursuivre ces actions pour que les efforts des agriculteurs finissent par améliorer durablement notre cadre de vie. En Allemagne, cela fait 25 ans que des solutions existent pour combattre l'érosion ou améliorer les apports de nutriments aux cours d'eau. Cependant, aucune solution n'est aujourd'hui trouvée au niveau politique pour engager les réformes nécessaires. Espérons, en France, que nous serons plus performants qu'eux dans ce domaine.

Et concrètement, comment faire ?

En général, le souhait des partenaires rencontrés jusqu'à présent est de poursuivre les actions en faveur de la mulette perlière : poursuite des inventaires, de la sensibilisation, du « travailler ensemble ». Aujourd'hui, l'outil le plus pertinent que nous ayons pour poursuivre les actions initiées par le programme LIFE « mulette » est le Plan national d'actions 2012-2017 (Prié *et al.*, 2012). Décliné en région Bretagne, puis en Basse-Normandie, il permettrait de pérenniser un certain nombre d'actions et d'élargir notre vision de la mulette en dehors des six sites sur lesquels Bretagne Vivante – SEPNB et ses partenaires travaillent depuis 2010. Avec un équilibre entre les actions concrètes de restauration et celles d'amélioration des connaissances, nous pourrions trouver une perspective d'avenir maîtrisable en matière de mobilisation de moyens.

L'intérêt de disposer de boîtes à outils partagés

Afin d'homogénéiser l'ensemble de nos suivis, en France et à l'étranger, il est question depuis quelque temps de normaliser les mesures réalisées pour caractériser les rivières et les populations de mulette perlière. La quasi totalité des pays qui abritent des populations de mulette perlière d'eau douce sont impliqués : scientifiques, consultants privés, autorités de régulation, associations



Bretagne Vivante - SEPNEB

intensive et celles pour la préservation des populations de mulette perlière. Si le Conseil économique pour le développement durable préconise l'utilisation des mesures compensatoires pour la sauvegarde des espèces patrimoniales, la mise en cohérence des différentes politiques et des outils est prioritaire. Des ponts sont notamment à construire entre les outils CTMA des Agences de l'eau, le plan régional d'actions en cours de réalisation en Bretagne et celui de Basse-Normandie pour une mise en cohérence. En France, les effectifs de mulettes perlières ont diminué de plus de 99 % depuis le début du XX^e siècle. Il nous faut agir maintenant et avec des moyens conséquents. En Allemagne, par exemple, le projet qui s'est déroulé sur la rivière Lutter représente 16 millions d'euros alors qu'en France, les programmes les plus remarquables ont un budget de 2 ou 3 millions d'euros. Si nous souhaitons sauvegarder l'espèce, la solution passe aussi par la mutualisation des moyens avec les différents acteurs qui agissent à l'échelle des bassins versants.

Protéger les stations de mulettes

(comme Bretagne Vivante – SEPNEB). La mise à disposition de protocoles standardisés et la définition de critères uniques pour la surveillance et la survie des populations de mulette perlière est en passe d'aboutir. Les pays membres devront voter la mise en place de ces dispositifs et la crainte des conséquences légales pourrait en faire hésiter certains. L'usage des micro-centrales, des vidanges de barrages ou d'autres activités pourraient, par exemple, se retrouver incompatibles avec la mulette perlière. Les échanges doivent se poursuivre au niveau de l'État pour mettre en place des boîtes à outils efficaces et opérationnelles.

Dans le cadre du programme LIFE « mulette », la DREAL Bretagne a pris des engagements pour mettre en place des dispositifs de protection réglementaire des stations de mulettes. Cet engagement se traduit aujourd'hui par une démarche d'extension des sites Natura 2000 en amont des stations de mulettes et par la création d'Arrêtés de protection de biotope (APB). Les dispositions de ces APB sont en cours de réflexion. Et compte-tenu des découvertes récentes de la présence de l'espèce sur d'autres stations que celles du LIFE, la question de la mise en place de ces APB est abordée aujourd'hui de manière plus large.

Un plan régional d'actions, oui, mais avec quels moyens ?

Il est nécessaire que les enjeux de biodiversité aux niveaux national et régional soient réellement pris en compte par les Ministères. Nous avons tous conscience de l'existence de la « crise » économique, mais il existe vraiment un décalage frappant et frustrant pour les acteurs de terrain, entre les enveloppes octroyées par exemple pour le développement d'une agriculture un peu plus

Une station d'élevage à long terme ?

Sur le Massif armoricain comme ailleurs, la mise en place de stations d'élevage de mulettes perlières est une action permettant d'insuffler un renouveau dans les populations vieillissantes. Hélas, l'ensemble des populations ne pourront pas bénéficier de cet outil et il va falloir donner des priorités. Ces priorités reposent, entre autre, sur la capacité des acteurs locaux à se mobiliser pour

reconquérir la qualité de leur cours d'eau et leurs populations de poissons-hôtes. Les populations de mulette perlière ne pourront pas se contenter de stations d'élevage sur le long terme. L'enjeu est d'autant plus important pour les populations qui ne pourront pas bénéficier de cette mise sous perfusion temporaire. Il est donc urgent de replacer ces questions de la qualité de l'eau et de la qualité de vie dans le débat public et politique. ■

Jean-Luc TOULLEC : Président de l'association Bretagne Vivante – SEPNB

Michel BACLE : Chef du service Patrimoine Naturel à la DREAL Bretagne

Marie CLÉMENT : Directrice du Syndicat de la Vallée du Blavet

Michel DY : Administrateur de la Fédération de pêche et de protection du milieu aquatique des Côtes-d'Armor

Maëva AUFRAY : Chargée de mission à Bretagne Vivante – SEPNB

maeva.auffray@bretagne-vivante.org

Marie CAPOULADE : Coordinatrice du programme LIFE+ « Conservation de la moule perlière d'eau douce du Massif armoricain »
marie.capoulade@bretagne-vivante.org

Bibliographie

ARAUJO R. & RAMOS M.A. 2001 – *Action plans for Margaritifera auricularia and Margaritifera margaritifera in Europe*. Council of Europe Publishing, Strasbourg, 64 p.

PRIÉ V., PHILIPPE L. & COCHET G. 2012 – *Plan national d'actions en faveur de la Mulette perlière Margaritifera margaritifera 2012-2017*. MEDDE, DREAL Centre / SEB / UEFF, 79 p.



H. Ronné



Sorties de terrain



Visite de la station d'élevage de Brasparts le 26 novembre 2014

[1] Une centaine de participants se sont rendus à la station d'élevage à Brasparts, dans le centre Finistère [2]. L'occasion pour tous de rendre une petite visite aux jeunes mulettes provenant des 6 rivières bretonnes et bas-normandes du programme LIFE « Conservation de la moule perlière d'eau douce du Massif armoricain » [3]. La sortie s'est poursuivie à proximité avec une excursion sur le bassin versant de l'Elez, rivière abritant une population de moule perlière [4].



[1] Les participants posent devant la Faculté des Sciences de l'Université de Bretagne occidentale avant de partir à Brasparts.

H. Romné



[2] Pierrick Dury, technicien de la Fédération du Finistère pour la pêche et la protection du milieu aquatique, présente le panneau explicatif sur le cycle de vie de la moule perlière à l'entrée de la station d'élevage.



[3] Les jeunes mulettes, bien que très petites (moins de 1 mm pour les plus jeunes, environ 10 mm pour les plus âgées), se sont fait une beauté pour être photographiées dans leurs auge.

[4] La météo a joué en notre faveur pour pouvoir admirer la rivière de l'Elez. Mais fin novembre, la nuit tombe vite sur les Monts d'Arrée et certains d'entre nous ont dû terminer la visite à la lueur des lampes torche !





À la découverte des mulettes perlières du ruisseau de Bonne Chère le 28 novembre 2014

[5] Après avoir observé les mulettes de la rivière de l'Elez, une trentaine de personnes se sont promenées le long des berges d'une autre rivière à mulettes perlières de Bretagne, le ruisseau de Bonne Chère. Cette rivière abrite la principale population connue de mulette perlière du Massif armoricain et abrite encore quelques jeunes individus [6] [7] [8].



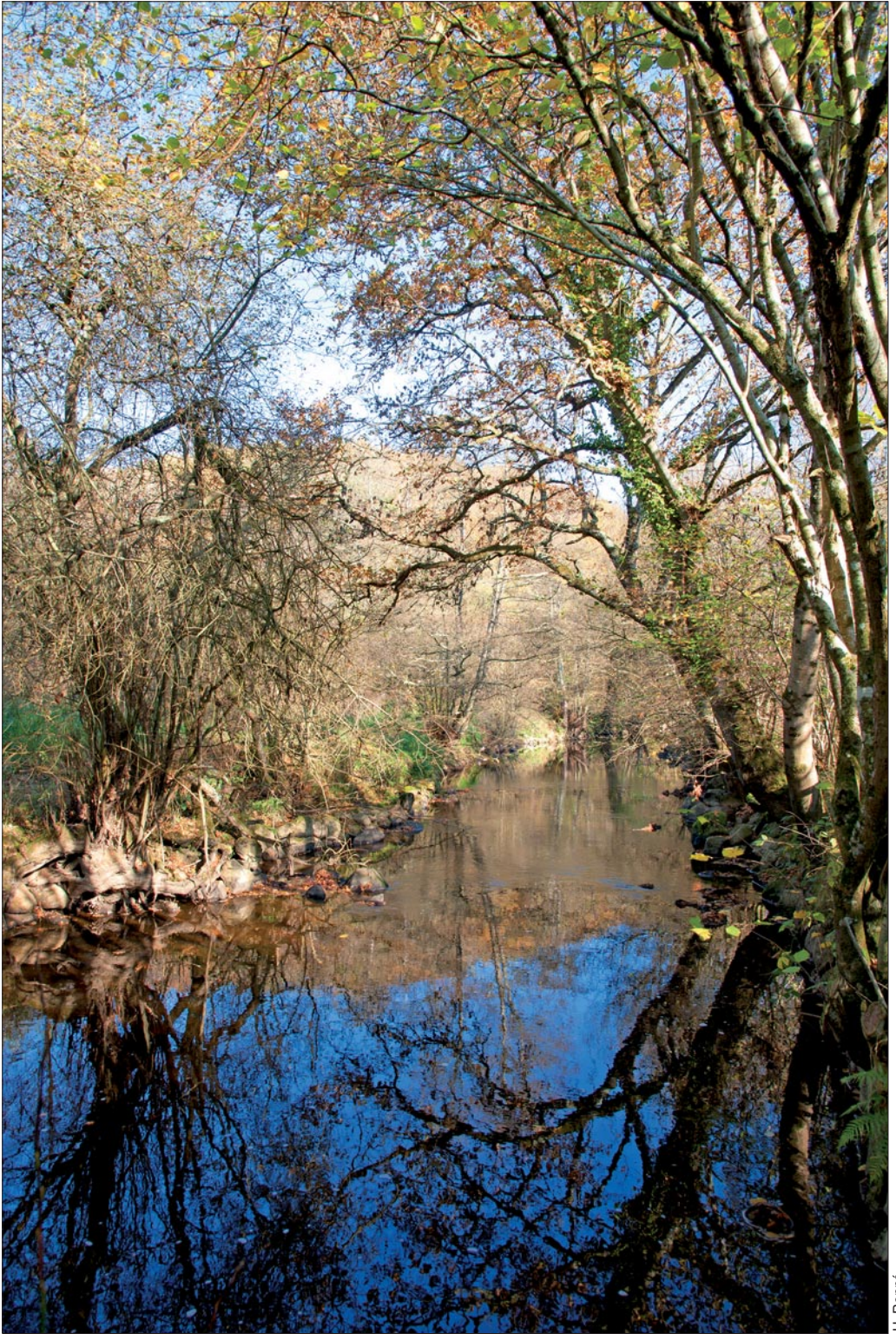
[5] Des explications sur la localisation des cours d'eau abritant des mulettes perlières s'imposent, notamment pour nos participants étrangers, nombreux lors de cette visite.

Bretagne Vivante – SEPMB

[6][7] Après les explications, place aux aquascopes en tout genre pour observer les mulettes dans leur habitat.



[8] La dernière journée du colloque s'est déroulée à merveille sous le soleil.



H. Romné

La Rouvre

Les publications de Bretagne Vivante – SEPNB



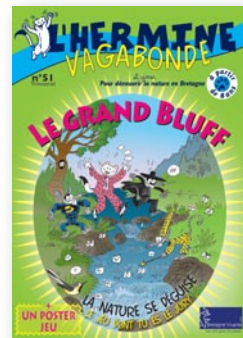
Bretagne Vivante,

La revue semestrielle pour tous ceux qui nous soutiennent : nos actualités, actions militantes, études naturalistes, portraits de bénévoles et de salariés...



Penn ar Bed,

La revue naturaliste des passionnés de la nature en Bretagne. 62 ans d'existence. N'attendez pas que les numéros soient épuisés pour vous abonner ou vous réabonner.



L'Hermine vagabonde,

Le magazine trimestriel des curieux de la nature. Pour petits et grands, à partir de 8 ans.

Cotisations et abonnements :

Adhésion annuelle à Bretagne Vivante – SEPNB	30 €
Adhésion étudiant, demandeur d'emploi	9 €
Abonnement à <i>Penn ar Bed</i> (4 numéros)	25 €
Abonnement adhérent, étudiant, demandeur d'emploi	20 €



Imprimé sur papier recyclé

Grâce à la Région Bretagne, les lycées bretons reçoivent Penn ar Bed

Le courrier concernant la rédaction de *Penn ar Bed* (projets d'articles, courrier aux auteurs) est à adresser à : *Penn ar Bed*, Bretagne Vivante – SEPNB - 19 route de Gouesnou - 29200 BREST - Tél. 02 98 49 07 18 - Courriel : contact@bretagne-vivante.org - La rédaction rappelle que les opinions exprimées dans les articles n'engagent que leurs auteurs et ne sauraient être assimilées à des prises de position de Bretagne Vivante – SEPNB - Le présent numéro a été tiré à 425 exemplaires - Dépôt légal : octobre 2015 - Directeur de la publication : F. de Beaulieu - Relectures : Serge Le Huitouze et Jacques Benoît - Maquette : B. Coléno - Imprimerie du Commerce à Quimper - I.S.S.N. 0553-4992.

Photographies de couverture - Mulette perlière dans la Bonne-Chère (H. Ronné) et Elez (H. Ronné)

Retrouvez tous les thèmes abordés par les publications de Bretagne Vivante – SEPNB sur son site : www.bretagne-vivante.org



Programme LIFE +

« Conservation de la moule perlière d'eau douce du Massif armoricain »