

UNIVERSITE DE LIEGE



INSTITUT DE ZOOLOGIE

Unité de recherches zoogéographiques

Quai Van Beneden, 22

B-4020 LIEGE

**Inventaire de quatre espèces rares et menacées d'extinction
(loutre, martin-pêcheur, moule perlière et mulette de rivière)**

**dans le Parc naturel Hautes-Fagnes Eifel
et évaluation de la qualité de leurs habitats potentiels accompagnée de
recommandations de gestion**

Convention avec le Ministère de la Région wallonne,
Direction générale des ressources naturelles et de l'environnement
Direction de la Nature et des Forêts
Service de la Conservation de la Nature
Namur.

RAPPORT FINAL

UNIVERSITE DE LIEGE



INSTITUT DE ZOOLOGIE
Unité de recherches zoogéographiques
Quai Van Beneden, 22
B-4020 LIEGE

2. PROPOSITIONS POUR LA CONSERVATION DES UNIONIDES
(MOLLUSQUES BIVALVES)
DANS LE BASSIN DE L'OUR
(PARC NATUREL HAUTES-FAGNES EIFEL)

Sandrina KINET
Roland LIBOIS

Octobre 1999

Résumé

Localiser les populations relictuelles des moules perlières et des mulettes de rivière du bassin de l'Our. Proposer des mesures de protection et de gestion pour les préserver : amélioration de la qualité des eaux qui devrait se faire sur l'ensemble du bassin ; restauration ou la protection de l'habitat ; maintenance d'une population de poissons hôtes appropriée.

Mots clés : Belgique, bassin de l'Our – Rhin, moule perlière, *Margaritifera margaritifera*, mulette de rivière, *Unio crassus*, répartition.

Abstract

To locate the relict populations of pearl mussels and river mullets in the Our basin. Propose protection and management measures to preserve them: improvement of water quality, which should be done throughout the basin; restoration or protection of habitat; maintenance of an appropriate host fish population.

Key-words : Belgium, Our basin, *Margaritifera margaritifera*, *Unio crassus*, distribution.

I. La moule perlière : *Margaritifera margaritifera* (Linné, 1758).

I. Introduction

Autrefois très fréquente dans nos régions, la moule perlière est en régression dans la majorité des rivières européennes. Ainsi, plus de 90% des populations ont disparu en Europe depuis le début de ce siècle. Les causes de disparition varient en fonction des régions considérées. En Espagne et en Allemagne, la pollution de l'eau et la modification de l'habitat (canalisation, drainage, dragage...) sont les causes principales de la disparition de plusieurs sites à moules perlières (Bauer, 1979 ; 1986). En revanche, en Irlande et en Ecosse, la pêche pour la récolte des perles a été la cause majeure de la raréfaction de cette espèce (Beasley et Roberts, 1996; Young et Willams, 1983; Young, 1991).

Par ailleurs, la plupart des populations subsistantes sont en déclin ou présentent une structure d'âge altérée (majorité d'individus âgés) (Bauer, 1979, 1983 et 1986; Beasley et Roberts, 1996; Moog *et al.*, 1995; Nagel, 1991a et b; Ofenböck *et al.*, 1998 ; Young, 1991). L'absence de jeunes s'explique par leur plus grande fragilité aux modifications des conditions environnementales. Les juvéniles sont effectivement plus sensibles à la qualité de l'eau ou du substrat et à la disponibilité en nourriture appropriée (qualité et quantité).

Des mesures de conservation doivent impérativement être prises pour assurer la survie de ces dernières populations.

Dans le cadre de la présente convention, nous avons tenté d'identifier les causes de disparition ou de régression des populations de moules perlières dans le bassin de l'Our.

Notre travail a consisté à :

Localiser les populations relictuelles.

Identifier les menaces qui pèsent sur elles.

Proposer des mesures de protection et de gestion pour les préserver.

II. Présentation de l'espèce

La moule perlière (*Margaritifera margaritifera*) est un mollusque lamelibranche d'eau douce qui, selon les auteurs, appartient à la famille des Unionidae, des Margaritanidae ou encore des Margaritiferidae.

Description (photo n°1)

La coquille présente une forme allongée dont la partie postérieure est deux et demi à trois fois plus longue que la partie antérieure. Elle est constituée de deux valves très épaisses reliées par une charnière plate et bien développée. La fermeture est aussi assurée par la présence de deux dents cardinales sur la valve gauche et d'une dent cardinale sur la valve droite.

La coquille présente des bandes d'accroissement denses et régulières et sa couleur varie généralement du brun foncé (juvéniles) au noir mat (adultes). Les coquilles des adultes ont une longueur de 95 à 140 mm, une hauteur de 50 à 60 mm et une épaisseur de 30 à 40 mm. La moule perlière peut, comme son nom l'indique, produire des perles qui se créent le plus souvent au bord du manteau. Elles sont généralement de forme irrégulière.



Photo n° 1

Coquilles
d'Unionidés

- En haut :
Unio crassus
- En bas :
Margaritifera margaritifera

Cliché : R.Libois

Distribution géographique

Cette espèce a une distribution typiquement holarctique. Elle est présente dans l'ensemble de la région eurasiatique et de l'Amérique du Nord.

En Belgique, elle était jadis signalée exclusivement dans des rivières ardennaises telles que l'Amblève, l'Ourthe, la Lomme, la Lesse (Adam, 1960). Elle était également connue de la Schwalm (Perlenbach) (Jungbluth, 1993) et de l'Our, notamment dans sa partie luxembourgeoise (Trois Frontières, Frein, Moulin de Kalborn, Tintesmühle, Grossenaul : Birringer & Truffner, 1990). Actuellement, sa présence est attestée dans la partie ardennaise de plusieurs rivières tributaires du bassin du Rhin, dont l'Our, et dans d'autres relevant du bassin de la Meuse (obs. personnelles : R.L.).

Habitat

La moule perlière se rencontre dans des ruisseaux ou petits fleuves coulant sur des sols non-calcaires, oligotrophes, propres et froids.

Moog *et al.* (1998) ont identifié les caractéristiques abiotiques et biotiques de " l'habitat optimal " de la moule perlière. Ces conditions sont notamment: des rivières situées en altitude (500-700m) dont la vitesse du courant est de 20-40 cm/s, présentant des zones d'ombre, des berges bien structurées et un substrat constitué de sable grossier et de gravier. De plus, l'eau des rivières doit avoir une température de 0 à 23°C, un pH de 6,7 à 8,6 , une concentration en phosphore total comprise entre 20 et 35 mg/m³ (0.02-0.035 ppm) et une conductivité inférieure à 100-150 µS à 25°. Enfin, il est indispensable que ces rivières hébergent une population viable de truites farios (*Salmo trutta f. fario*) comprenant un haut pourcentage de jeunes poissons des classes 0+ (100mm) et 1+ (100-150mm) (cf. Biologie de la reproduction).

Biologie de la reproduction

Le cycle de vie des moules perlières est assez complexe (Young et Williams, 1984; Bauer, 1987a; pour revue Wächtler, 1986; Harsanyi, 1995; Koch, 1935). Il comporte quatre stades de développement : les glochidies et les stades parasite, juvénile et adulte.

Les sexes sont séparés. Pendant la période de reproduction (juillet-août), les mâles libèrent des spermatozoïdes dans l'eau. Au gré des mouvements d'eau provoqués par l'activité respiratoire des femelles, ils arrivent au contact des branchies de ces dernières et y fécondent les œufs présents. Après quatre semaines, les œufs fécondés se développent en une larve appelée glochidie. Les glochidies sont constituées de deux petites valves triangulaires et mesurent de 0.04 à 0.07 mm. Fin septembre, toutes les moules femelles libèrent en même temps leurs larves (en moyenne 3.10^6 glochidies/femelle/an). La majorité d'entre elles meurent : seules quelques-unes vont pouvoir s'accrocher aux branchies d'une truite *fario* (poisson-hôte). La glochidie s'y enkyste (stade parasite) pour effectuer la métamorphose complète indispensable à la suite de son développement. Au printemps, le kyste libère un petit bivalve identique aux adultes (stade juvénile). Tombé sur le substrat, il s'y enfonce et y continue sa croissance jusqu'à l'âge adulte. Les moules sont sexuellement matures à l'âge de 12-20 ans et peuvent vivre, croître et se reproduire jusqu'à 100 ans, voire plus.

Lorsque la densité de population est réduite, les individus femelles peuvent devenir hermaphrodites. L'autofécondation est alors le mode de reproduction le plus courant (Bauer, 1987a).

Régime alimentaire

Les moules absorbent la nourriture en suspension dans l'eau par filtration. Elles peuvent ingérer certaines algues, mais la principale source de nourriture est constituée de détritiques organiques, préférentiellement d'origine végétale. Hruska (1995 et 1998) a montré que les produits de décomposition de la rhizosphère, provenant de prairies inondables à graminées de type *Alopecurus pratensis* (Vulpin des prés) et *Poa trivialis* (Pâturin commun), étaient une source de nourriture très appropriée pour les moules juvéniles. En effet, ces graminées se caractérisent par leur teneur très élevée en calcium, élément nécessaire à la formation des coquilles. *Poa trivialis* est très commun partout en Belgique, notamment dans les prairies bordant les cours d'eau. En revanche, la distribution du vulpin est, en Ardenne, assez localisée (Van Rompaey et Delvosalle, 1972).

Statut légal

La moule perlière jouit d'une protection légale puisqu'elle est concernée :

1. par la Convention de Berne (19 septembre 1979), annexe 3 (espèces de faune protégées) ;
2. par la Directive du Conseil n° 92/43/CEE sur la conservation des habitats naturels, de la flore et de la faune sauvage (annexe 2 : espèces animales d'intérêt communautaire dont la conservation nécessite la désignation de zones spéciales de conservation ; annexe 5 : espèces animales et végétales d'intérêt communautaire dont le prélèvement dans la nature et l'exploitation sont susceptibles de faire l'objet de mesures de gestion) ;

3. par l'Arrêté du gouvernement wallon du 03 juin 1999 relatif à la protection de certaines espèces de mollusques (M.B. 17/07/99).

III. Résultats

Populations de moules

Les observations réalisées sur le terrain nous ont permis de découvrir des coquilles d'individus récemment morts, dans l'Our à l'amont de Schoenberg (coordonnées UTM : LA 0574) (photos n° 2 et 3) et, plus anciennement, dans le cours inférieur de la Braunlauf (coordonnées UTM LA 9768). La présence de l'espèce est également attestée par F. Vassen à hauteur de Steffeshausen. Dans la partie luxembourgeoise de l'Our, l'espèce est également présente et a fait l'objet d'expériences de restauration (infestation de truites captives par des glochidies et repoissonnements au moyen de truites parasitées).



Photo n° 2

L'Our à l'amont de
Schönberg (LA 054747)

Quelques coquilles vides de *M. margaritifera* et d'*Unio crassus* ont été récoltées le 30/03/1999 sur la banquette de gravier occupée par les *Phalaris* (à gauche).

Cliché : R.Libois

Les coquilles trouvées appartenaient toutes à des individus de grande taille, ce qui témoigne de la présence d'individus âgés. Nous ne pouvons dire s'il existe encore des individus jeunes en place mais il est probable qu'ils soient peu nombreux, ce qui attesterait une altération de la structure d'âge des populations en place. Cela n'aurait rien de surprenant, étant donné que le vieillissement des populations est observé dans la plupart des rivières européennes (Bauer, 1979, 1983 et 1986; Beasley et Roberts, 1996; Moog *et al.*, 1998; Nagel, 1991a; Ofenböck *et al.*, 1998; Young, 1991).

Population de truites fario

Différentes pêches électriques ont été réalisées dans le cadre du travail de Birringer & Truffner (1990). Elles montrent que la truite fario est abondante, principalement dans la partie supérieure de l'Our. Elle est accompagnée d'assez nombreux chabots (*Cottus gobio*), goujons (*Gobio gobio*) et vairons (*Phoxinus phoxinus*). Plus à l'aval, le chevaine (*Leuciscus cephalus*) est l'espèce dominante, du moins en biomasse. À cette époque, peu de petites truites ont été pêchées dans l'Our (poids moyen élevé), ce qui indique d'une part que l'espèce ne fraye pas volontiers dans

la rivière, préférant probablement ses affluents et, d'autre part, que le peuplement en truites trouve principalement son origine dans le repoissonnement à partir d'individus « à mesure ».



Photo n° 3

L'Our à l'amont de Schönberg (LA 054747)

Quelques coquilles vides de *Margaritifera margaritifera* et d'*Unio crassus* ont été récoltées le 30/03/1999 sur la banquette à gauche, alors libre de végétation.

Cliché : R.Libois

Endroit du prélèvement	Espèce dominante	Truite fario (kg /ha)	Poids moyen truites (gr)	Ichtyomasse totale (kg/ha)
Andler	Truite fario	105	65	227
Roetgen	Truite fario	74.6	117	90
Steffeshausen	Truite fario	79.7	145	175
Weveler	Chevaine	31.7	135	142
Ouren	Chevaine	29.4	84	221

Les deux pêches électriques réalisées en 1995 par le Service de la Pêche (DGRNE/ DNF) confirment aussi la relative abondance des truites. L'une a été effectuée non loin de la frontière luxembourgeoise (Ouren, n°S2095), l'autre une dizaine de kilomètres en amont, à Weppeler (n°S2495). Elles indiquent cependant la présence d'individus jeunes, de taille inférieure à 10 cm.

Endroit du prélèvement	Date	Truite fario (kg /ha)	Ichtyomasse totale (kg/ha)	Truite fario Taille (mm)
Amont du pont Ouren-Lieler KA 9557 (site 505001)	23.05.95	8.12	101	80-310
Confluence Our-Irrenbach LA 0069 (site 611003)	28.06.95	32.87	140	110-330

Aucune truite arc-en-ciel n'est mentionnée dans les inventaires mais certains déversements auraient été effectués il y a quelques années du côté allemand, notamment à hauteur de Stoubach (comm. pers. R. Crahay).

IV Discussion

Dès lors que des moules sont trouvées en un endroit et que l'on sait qu'elles sont sensibles à la qualité de l'eau, on doit admettre que tous les facteurs qui influencent la qualité des eaux à l'amont du point de découverte sont susceptibles d'affecter les animaux. **Une politique de protection efficace se doit donc d'envisager l'intégralité du bassin à l'amont du point de récolte situé le plus à l'aval sur la rivière.** Or, comme nous avons vu que *Margaritifera margaritifera* était présente non seulement à l'aval du cours belge de l'Our (Steffeshausen) mais aussi dans sa portion luxembourgeoise, c'est l'ensemble du bassin belge de l'Our et de ses affluents qui doit être considéré dans le cadre d'un programme de sauvetage de cette espèce. Si la Région wallonne ne consent pas à prendre des mesures pour améliorer la qualité des eaux ou pour empêcher sa dégradation, les efforts réalisés par nos voisins luxembourgeois ne pourront porter leurs fruits.

Au cours de ce chapitre nous envisagerons les différents facteurs auxquels les moules perlières paraissent sensibles et dont l'altération pourrait expliquer le déclin progressif de leurs populations dans l'Our.

IV. 1. Caractéristiques physico-chimiques.

IV. 1.1. La concentration en nitrates

Bauer (1988) a montré que le taux de mortalité des moules adultes, quelle que soit leur classe d'âge, est en relation directe avec la concentration en nitrates. Cette augmentation de la mortalité est linéaire par rapport à l'augmentation de la concentration en nitrates. Il n'y a donc pas de seuil en dessous duquel aucun effet n'est observé. En fait, l'influence est déjà perceptible pour des populations soumises à des concentrations de nitrates égales ou supérieures à un ppm de N. Le taux de mortalité augmente d'environ 20 % pour une augmentation d'un ppm de N.

Les analyses réalisées par Remy (1998) montrent que dix des quinze sites étudiés dans l'Our et ses affluents montrent une concentration en nitrates nettement supérieure à 1 ppm. Les concentrations en nitrates dépassent 2,4 ppm dans toutes les stations de l'Our à l'aval d'Andler ainsi que sur les affluents principaux : Braunlauf et Ulf. Ces données suggèrent donc que l'importance de ces concentrations puisse être un des facteurs ayant conduit à la réduction des effectifs de moules dans l'Our.

Dans la partie luxembourgeoise, la situation est pire, les concentrations moyennes en nitrates se situant aux environs de 15 ppm avec un minimum estival (août et septembre) et un pic hivernal (décembre) (Birringer & Truffner, 1990).

IV.1.2. La concentration en phosphates

D'après plusieurs études (Bauer *et al.*, 1980, Bauer, 1983), la concentration en phosphates dans les rivières affecte principalement la survie des juvéniles. Ainsi, Bauer (1988) considère qu'une population normalement structurée ne peut vivre que dans des eaux où la concentration en phosphates ne dépasse pas 0,03 ppm de phosphore.

Les concentrations en phosphates mesurées dans le Prümerbach (0,34 ppm) et la Braunlauf (0,04 ppm) dépassent ce seuil, traduisant une situation très préoccupante due aux rejets de l'agglomération de Sankt Vith. A l'aval de Burg Reuland, la situation de l'Ulf (0,02 ppm) mérite d'être surveillée. Ailleurs, la situation est excellente (quasi absence) ou bonne (entre 0,005 et 0,02 ppm) (Fabri & Leclercq, 1984 ; Remy, 1998).

Ce facteur pourrait donc être une des causes du déclin des populations de moules perlières dans la Braunlauf mais probablement pas dans l'Our lui-même.

IV.1.3. Concentration en calcium, DBO et conductivité

Bauer (1988) et Buddensiek (1995) ont montré que la mortalité des juvéniles était en étroite relation avec différentes variables intercorrélées : la concentration en calcium et en phosphates, la conductivité et la DBO₅. Les rivières où subsistent des populations saines de moules, c'est-à-dire reproductrices, seraient caractérisées par une conductivité inférieure à 70 µS/cm, une concentration en Ca⁺⁺ inférieure à 10 ppm et une DBO₅ inférieure à 2 mg O₂ (Bauer, 1986, 1988 ; Beasley & Roberts, 1999). Buddensiek *et al.* (1993 a) signalent l'effet négatif que peut avoir une eutrophication, même légère, sur la survie des juvéniles.

Sur les quinze stations étudiées par Remy (1998), une seule montre une conductivité inférieure à 70µS/cm. Il s'agit d'une station située à l'amont du Kolvenderbach (en LA 0580) et considérée par cet auteur comme station de référence, non affectée par la pollution. Une situation analogue était déjà observée dans la période 1976-1978 par Fabri & Leclercq (1984) pour la même station. D'autres stations non étudiées par Remy et de même situées le long de ruisseaux dont le cours est essentiellement forestier (Weberbach, Klein Gessertbach, Koderbach et Hasselbach) s'avéraient également à cette époque indemnes d'hypertrophisation (concentration en calcium exceptionnellement supérieure à 5 ppm, conductivité inférieure à 70 µS/cm).

Au Grand Duché, la DBO₅ est légèrement inférieure à 3 mg O₂/l tandis que concentration en Ca⁺⁺ et conductivité sont en moyenne respectivement de 20 à 25 ppm et de l'ordre de 150 µS/cm. Ces valeurs témoignent d'une situation moins favorable au Grand Duché qu'en Belgique mais il s'agit pour ce pays de données plus anciennes, datant de 1989-1990 (Birringer & Truffner, 1990).

En ce qui concerne le calcium, l'apport par les sels de déneigement n'est probablement pas à négliger de même que l'incidence de déversements de matériaux de construction directement dans la rivière (photos n° 4 et 9).



Photo n° 4

L'Our entre Andler et
Schönberg (LA 060754)

Déversement illicite de
débris de construction
dans la rivière (11/09/99).

Cliché : R.Libois

IV.1.4. La température

Hruska (1992) a clairement montré que le développement des glochidies en moules juvéniles dépend de la température. En conditions naturelles, la métamorphose complète des glochidies requiert un minimum de 1760 à 1860 degrés jours et une température moyenne d'au moins 15°C durant les 15 derniers jours du processus. Si ces conditions ne sont pas remplies, le développement est ralenti ou s'arrête (Hruska, 1992). La température influence également la croissance des adultes (Hruska, 1992).

Etant donné que la température des cours d'eau dépend directement des aménagements existant en bordure de rivière ou du type de végétation présent sur les berges, les plantations d'épicéas effectuées à moins de six mètres des berges (cf point IV.3.3.) pourraient être responsables d'un refroidissement des eaux qui ralentirait ou empêcherait l'achèvement du cycle de reproduction de la moule perlière.

A l'inverse, l'absence complète de bosquets ombrageants le long de rives peut occasionner une augmentation de température entraînant des effets négatifs sur la moule perlière (réduction de la longévité) et toute la biocénose (Bauer *et al.*, 1992 ; Jungbluth, 1993).

IV.1.4. Le pH

Le pH de l'eau est situé entre 6.9 et 7.3 (Remy, 1998) et semble correspondre aux conditions décrites pour d'autres sites à moules (Moog *et al.*, 1998).

IV.2. La turbidité et le colmatage des fonds

La turbidité est un facteur défavorable pour la survie des moules (Beasley *et al.*, 1998). En effet, l'augmentation de la concentration des particules en suspension est néfaste pour leur activité de filtration, réduisant ainsi l'efficacité de la prise de nourriture. Par ailleurs, les toutes jeunes moules (< 1mm) passent les premiers mois de leur vie libre dans des microhabitats caractérisés par un niveau d'échanges élevé entre l'eau interstitielle et l'eau libre de la rivière (Buddensiek *et al.*,

1993). Leur survie est grandement affectée par une réduction de ces échanges consécutive, par exemple, au colmatage des fonds par des sédiments très fins (Buddensiek *et al.*, 1993b).

Dans les tronçons trop ensoleillés, la production organique augmente sous l'effet d'une photosynthèse plus active. Cela se traduit par la formation de vase très fine qui se dépose sur les fonds et colmate les interstices.

L'augmentation de la turbidité peut être provoquée notamment par le bétail. Là où les vaches ont accès à la rivière, elles piétinent le lit, remettant en suspension de grandes quantités de sédiments. Il en va de même dans les portions de rivière où leur passage répété en crête de berge provoque l'affaissement de ces dernières (photo n°5). L'importance de ces phénomènes est accentuée par le fait qu'ils surviennent principalement en période estivale ou automnale, lorsque les débits sont les plus faibles.

La turbidité peut également être augmentée localement par le ruissellement sur des terrains en pente récemment mis à blanc, par le passage régulier d'engins de débardage dans le lit des ruisseaux ou par l'exploitation, illicite, d'amas de graviers déposés par les crues (photo n° 6).



Photo n°5

**L'Our à Manderfeld
(Weckerath)** (LA
115780)

Berge écroulée suite
au piétinement
intempestif du bétail
en crête de berge.

Cliché : R.Libois



Photo n°6

L'Our à Weppeler
(LA 009705)

Exploitation illicite
de dépôts de crue
dans le lit mineur de
l'Our (11/09/1999).

Cliché : R.Libois

Remarque :

L'interprétation des résultats relatifs aux analyses physico-chimiques doit se faire avec la plus extrême prudence car ces analyses ont toujours un caractère momentané : les valeurs trouvées pour les différentes variables donnent une image d'un état instantané de la rivière. Des analyses plus intégratives, telles que la détermination de l'indice diatomique montrent que, dans la majorité des sites étudiés sur l'Our (Remy, 1998), le niveau d'hypertrophisation est fort à très fort et celui de pollution organique est faible à modéré. Cette situation n'est pas révélée par les analyses chimiques qui laissent conclure à un niveau nul d'hypertrophisation et faible à modéré en ce qui concerne l'indice de pollution organique. Sur le Prümrbach seulement, les résultats sont concordants entre les deux méthodes (diatomées vs analyses chimiques).

Cette hypertrophisation révélée par l'étude des peuplements diatomiques est essentiellement due à deux facteurs : le lessivage des engrais chimiques épandus sur les prairies et la minéralisation des matières organiques rejetées directement dans l'eau (autoépuration) ou traitées dans les stations d'épuration, celles-ci n'étant pas pourvues d'un équipement tertiaire (dénitrification et déphosphatation).

En conclusion, la diminution de la qualité des eaux semble constituer un facteur essentiel dans la disparition des populations de moules perlières dans l'Our.

IV.3. Modifications de l'habitat

IV.3.1. Canalisation et dragage

La canalisation de certains tronçons de rivières peut être à l'origine de la disparition de populations de moules perlières (Bauer, 1986 ; Young et Willams, 1983). En effet, elle peut engendrer la disparition d'un substrat approprié, indispensable pour l'enfouissement des juvéniles et qui constitue leur habitat optimum jusqu'à l'âge adulte (Moog, *et al.*, 1998).

Des opérations de dragage ou d'enlèvement de certains dépôts de crue peuvent également conduire à la disparition de populations de moules perlières, soit directement en détruisant la colonie (que ce soit parce qu'elle est enlevée ou parce qu'elle est détruite par le passage d'engins dans le lit de la rivière) soit, indirectement, en enlevant le substrat approprié aux jeunes moules (Killeen *et al.*, 1998).

Heureusement, sur l'Our et ses affluents, ces opérations semblent particulièrement limitées. Il ne paraît pas qu'elles aient entraîné de modifications importantes des populations.

IV.3.2. Rectification et consolidation des berges

La rectification des berges entraîne souvent une forte érosion des sections sans végétation. A certains endroits, les sédiments peuvent glisser directement dans la rivière. L'enrichissement de l'eau en sédiments fins est néfaste pour les stades juvéniles. En effet, un substrat trop meuble n'est pas approprié pour l'enfouissement des jeunes moules. De plus, un sédiment trop fin, en plus d'être susceptible d'obstruer les siphons respiratoires des animaux, colmate les fonds, diminuant ainsi la quantité d'oxygène disponible pour les juvéniles vivant dans les espaces interstitiels du substrat (Buddensiek *et al.*, 1993 ; Buddensiek, 1995).

La consolidation de certaines berges est une menace potentielle lorsqu'elle se fait par déversements de blocs de pierre ou de déchets de construction dans des endroits où sont établies des colonies. Des enrochements de ce type ont été constatés en quelques endroits (Our à Andler). Par ailleurs, une opération très « exemplaire » de modification du cours de Medemderbach à hauteur d'Eimerscheid a également été constatée cet été.

IV.3.3. Plantation d'épicéas

Même si personne n'a étudié l'effet direct de l'augmentation de l'acidité de l'eau sur les moules, plusieurs auteurs suggèrent un effet néfaste (Harsanyi, 1995 ; Hruska, 1995 ; 1998 ; Ofenböck *et al.*, 1998).

La décomposition des aiguilles d'épicéas engendre un humus acide qui ne convient pas comme nourriture aux jeunes moules (Hruska, 1995 ; Harsanyi, 1995) ainsi que des terpènes qui empoisonnent littéralement l'eau (Huet, 1951). De plus, la diminution de l'ensoleillement consécutive à l'enrésinement est responsable d'une réduction importante de la productivité primaire et secondaire du cours d'eau qui se répercute sur les populations de poissons hôtes (voir Philippart & Vranken, 1983).

De plus, l'absence de végétation herbacée sur les berges engendre une diminution des ressources alimentaires de la moule perlière. D'ailleurs, selon Ofenböck *et al.*, (1998), les zones de haute densité de population de moules sont contiguës à des prairies.

D'autre part, Ofenböck *et al.* (1998) suggèrent qu'une trop forte acidité des sédiments pourrait causer une mortalité accrue chez les juvéniles. Un pH trop faible pourrait contrecarrer la mobilisation du calcium par les jeunes moules en train d'élaborer leur coquille. Ces auteurs suggèrent d'ailleurs que la diminution des populations de moules perlières dans la rivière Waldaist (Autriche) serait essentiellement due à la plantation d'épicéas aux abords de cette rivière.

De plus, Mutvei (1996) a montré que structure et taux d'accroissement des coquilles étaient altérés lorsque le pH est inférieur à 5.

La plantation d'épicéas généralisée dans le bassin de l'Our pourrait donc avoir eu une influence assez négative sur les moules perlières, de manière directe par l'abaissement de la

température de l'eau qu'elles provoquent (cf point IV.1.4.) ou en altérant profondément la qualité des ressources alimentaires des mollusques, mais aussi de manière indirecte, en ce qu'elles impliquent une acidification de l'eau néfaste tant à la composition des ichtyocénoses qu'à la constitution des coquilles. Ces phénomènes ont probablement plus joué sur certains des affluents de l'Our, que sur l'Our lui-même où le pH varie de 6.9 à 7.3 (Remy, 1998).

IV.3.4. Construction d'étangs à truites et de barrages

L'aménagement de bassins à carpes ou à truites peut causer directement ou indirectement de nombreux dégâts. A titre d'exemple, la réduction du niveau de la rivière et le réchauffement des eaux peuvent avoir un effet désastreux sur les populations de moules (Bauer, 1979). De même, l'eutrophication et l'envasement engendrés par ces étangs peuvent également être à l'origine de la disparition de certaines populations de moules.

La construction de barrages a été identifiée comme un facteur de disparition de certaines populations de moules perlières (Bauer, 1979 ; Kasharov et Nikitin, 1998). S'ils sont suffisamment importants, les obstacles s'opposent à la migration anadrome des salmonidés, ce qui, en certaines circonstances, entraîne un déficit en classes d'âge appropriées pour la fixation des glochidies (cf biologie de reproduction).

IV.4. Faune piscicole

Etant donné la biologie de reproduction de cette espèce (cf. point II), il est indispensable que les rivières à moules perlières présentent une population de truites fario indigènes. Cette population doit être constituée de jeunes individus séjournant au moins un an dans la rivière. Ce sont en effet, les jeunes truites farios qui sont le plus souvent et le plus intensivement infectées (Bauer, 1987b). Ce phénomène est essentiellement dû à deux facteurs : la proximité des jeunes truites et des moules dans des endroits peu profonds de la rivière et le développement d'une réaction immunitaire acquise chez les poissons adultes précédemment infectés (Bauer et Vogel, 1987).

L'introduction d'espèces de poissons non indigènes comme la truite arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*) ou le saumon de fontaine (*Salvelinus fontinalis*) peut avoir des conséquences néfastes pour certaines populations de moules perlières (Bauer, 1987c ; Kasharov et Nikitin, 1998). En effet, ce sont des espèces compétitrices de la truite fario et des hôtes inappropriés pour les glochidies (Bauer, 1987c).

Dans l'Our, des pêches électriques ont pu montrer l'existence d'une population de truites farios comprenant surtout des individus d'assez grande taille, les plus jeunes étant principalement observés dans les affluents. Dès lors, il conviendrait que les conditions de frai de la truite soient restaurées dans l'Our et que la politique de repoissonnement soit infléchiée pour restaurer dans cette rivière une structure d'âge plus proche de ce qui s'observe en conditions naturelles (prépondérance des classes d'âge jeunes).

IV.5. Collecte de moules

En Angleterre, la pêche des moules pour le commerce des perles a été un facteur prépondérant dans la disparition de leurs populations (Earl of Cranbrook, 1976 ; Young et Williams, 1983). Cette menace s'est intensifiée par l'utilisation de matériel de plongée. En effet, les

collectionneurs ont eu accès à des populations de moules situées en profondeur et qui servaient jusqu'alors de réservoirs.

En Belgique, les populations de moules ont été relativement préservées jusqu'à la fin du 18^{ème} siècle puisque la récolte de perles était sévèrement punie. Toutefois, à partir de 1880 la pêche intensive de moules a été la cause de la disparition de nombreuses populations dans nos régions. Des récoltes quelque peu anarchiques ont encore été signalées au début des années 1990 par G. Probst qui déplorait n'avoir aucun moyen légal à sa disposition pour les empêcher. La récente protection légale de l'espèce pourrait remédier à cet état de choses.

IV.6. Activités touristiques

Au moins quatre terrains de camping existent dans le bassin belge de l'Our : Manderfeld, Schönberg, Sankt-Vith et Ouren. Ponctuellement, ils sont des sources de pollution supplémentaire et de dégâts aux berges (affaissements p. ex.)

V. Conclusions et proposition de mesures de conservation :

A la lecture du chapitre précédent, plusieurs facteurs pourraient être tenus pour responsables du déclin et de la disparition des populations de moules perlières dans la vallée de l'Our. Cependant, les causes principales semblent être :

- l'hypertrophisation des eaux (trop hautes teneurs en nitrates et, localement, en phosphates, ainsi qu'en calcium ; trop forte conductivité) (photo n° 7);
- certaines modifications de l'habitat.

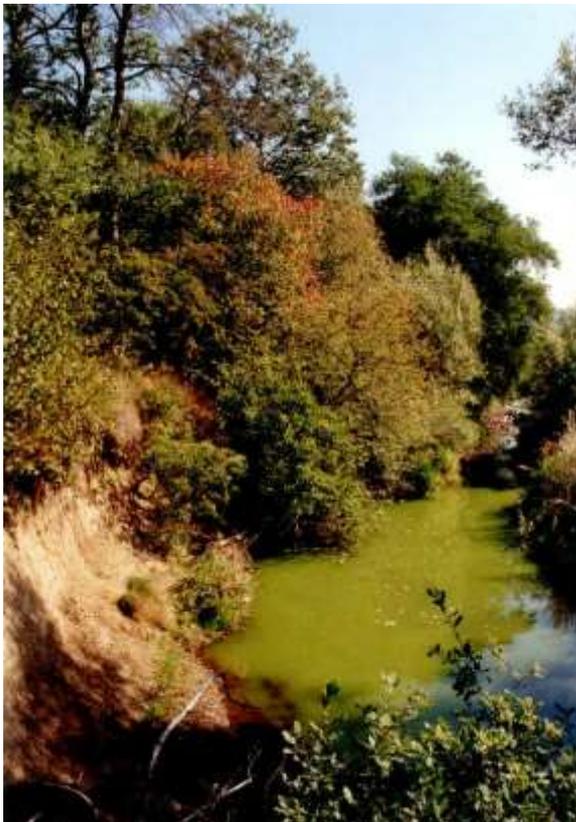


Photo n°7

L'Our en amont d'Andler, à la frontière (LA 0876)

La couleur franchement verte de l'eau indique un développement algal important, signe d'une altération grave de la qualité de l'eau.

Cliché : R.Libois

Les mesures de conservation que nous proposerons concerneront donc :

- L'obtention d'informations plus précises sur la situation de l'espèce dans le bassin de l'Our ;
- L'amélioration de la qualité des eaux qui devrait se faire sur l'ensemble du bassin ;
- La restauration ou la protection de l'habitat ;
- La maintenance d'une population de poissons hôtes appropriée.

Ces premières mesures consisteront à protéger rapidement les populations subsistantes. Etant donné que la fertilité des moules perlières est indépendante de la densité de population et de tout facteur environnemental (Bauer, 1987a), une seule moule peut suffire, dans de bonnes conditions, à assurer la restauration d'une population. La moule perlière pourrait donc se maintenir et les populations se développer si l'on remédie aux causes responsables de la régression de l'espèce ou de l'absence de sa reproduction.

1. Diagnostic de l'état de la population relictuelle.

Nous avons mis en évidence la présence de moules perlières dans l'Our et la Braunlauf, sans toutefois pouvoir affirmer que dans la Braunlauf, il subsiste des individus vivants. Ce sont des informations importantes mais elles ne revêtent qu'un caractère ponctuel. Nous manquons d'informations sur le niveau des populations et sur leur état démographique : quelle est leur structure d'âge, quel est le taux de mortalité des différentes classes d'âge, de quand date le dernier recrutement et, s'il est ancien, dans quel délai doit-on agir avant que n'aient disparu les derniers individus ?

Toutes ces questions sont évidemment de grande importance pour déterminer la stratégie de conservation à mettre en place pour tenter de renverser la situation.

Elles devraient faire l'objet d'une recherche particulière nécessitant des moyens spécifiques qu'il ne nous était malheureusement pas possible de dégager sur le budget de la présente convention. Il eût d'ailleurs été prématuré de prévoir une telle étude avant de vérifier si l'espèce existait encore dans la partie belge du bassin hydrographique de l'Our.

Pareille étude, nécessaire pour la population qui nous préoccupe ici, devrait également être entreprise de toute urgence pour les autres populations que l'on sait encore exister ailleurs en Région wallonne (au moins six rivières). C'est seulement en disposant de ces informations que l'on pourrait établir les lignes directrices d'un plan de restauration de l'espèce dans la Région.

2. Amélioration de la qualité des eaux.

Même si la qualité des eaux de l'Our s'est améliorée depuis ces 20 dernières années (Fabri & Leclercq, 1984; Remy, 1998), elle demeure insatisfaisante pour permettre le développement et la survie à long terme d'une population saine de moules perlières. L'amélioration de la qualité des eaux de l'Our demeure donc une mesure prioritaire pour la conservation de cette espèce. Cette amélioration doit essentiellement porter sur une diminution de la teneur en nitrates, essentiellement dans la Braunlauf ainsi que sur l'Our à l'aval d'Andler.

L'objectif principal sera donc de réduire les rejets, principalement domestiques et agricoles en restreignant le déversement d'effluents.

À cet effet, nous proposons de :

- rechercher les sources de rejets directs d'effluents domestiques ou agricoles (écoulements de purin, de lisiers...) et de voir quelle solution pourrait être trouvée en vue de les faire cesser (photo n° 8 et 9) ;
- promouvoir une politique générale d'épuration des eaux qui n'oublie pas le traitement tertiaire des rejets. À cet égard, la technique du lagunage devrait, dans certains cas, être envisagée, voire favorisée ;
- trouver des moyens légaux pour limiter fortement, voire interdire, l'épandage d'engrais (lisiers ou engrais chimiques azotés et phosphatés) sur les champs (il y en a très peu) et les prairies à moins de 50 mètres du bord des rivières. Des mesures d'encouragement ou d'incitation sur base volontaire seraient probablement mieux ressenties par les éleveurs locaux. Leur mise au point devrait être étudiée très attentivement. En tout état de cause, ces épandages devraient être limités à la période de reprise de la végétation. Complémentairement, la plantation, en certains endroits, d'arbustes et d'arbres en bas de versant, sur une largeur de 8-10 mètres pourrait également contribuer à réduire substantiellement l'apport de sédiments ainsi que la quantité de nitrates et de phosphates arrivant à la rivière. À cet égard, le maintien des haies subsistant en bas de pente ou à mi-talus devrait être considéré comme prioritaire. Moyennant compensations financières, des mesures pourraient être proposées aux éleveurs qui accepteraient de désintensifier leurs pratiques ou de gérer leurs terres en accord avec certains des objectifs de conservation des espèces et des espaces. Ces accords pourraient se concrétiser sous la forme de contrats tels que ceux proposés par Barbason (1996).



Photo n°8

Bouche d'égout à Schönberg (LA 0574)

Ce tuyau arrive dans la rivière juste en face de l'endroit où ont été découvertes des coquilles de moules.

Cliché : R.Libois



Photo n°9

**L'Our à la sortie
d'Andler** (LA 063762)

Débris de construction jetés à la rivière pour consolider la berge. La flèche indique la confluence d'une rigole qui, le 30 mars 1999, charriait une eau noirâtre à l'odeur fétide (purin ?, écoulement de silo ?).

Cliché : R.Libois

En ce qui concerne la réduction de la turbidité, notamment en période estivale, il est primordial que les pâtures bordées par la rivière soient clôturées, comme le prévoit d'ailleurs la législation, pour empêcher l'accès du bétail au lit mineur de la rivière. Le problème de l'eau d'abreuvement des animaux pourrait être résolu par l'installation (subventionnée ?) d'abreuvoirs à pompe mécanique, actionnés par les animaux eux-mêmes.

La pose de ces clôtures entraînerait inmanquablement le développement d'une végétation rivulaire qui, d'une part, mobiliserait certainement les nitrates épandus par les éleveurs ou présents dans la rivière et, d'autre part, pourrait améliorer la nutrition des mollusques (voir « régime alimentaire »). Idéalement, les clôtures devraient se trouver en retrait par rapport à la rivière d'une distance de 8 à 10 mètres au moins. Suivant les situations et les opportunités, ces bandes rivulaires pourraient être traitées en prairies de fauche ou, au contraire, laissées à l'abandon pour qu'elles se reboisent naturellement.

3. Restauration de l'habitat

3.1 Abattage des épicéas

Pour les raisons évoquées aux points IV.1.4. et IV.3.3., nous proposons d'abattre les épicéas situés aux abords des rivières (au moins dans la zone des six mètres et y compris en tête de bassin). L'abattage devra s'effectuer avec la plus grande précaution pour éviter toute destruction des berges et du lit de la rivière. Les parcelles libérées devraient, pour une partie, être reboisées en essences feuillues et pour une autre partie, de préférence dans les zones inondables, converties en prairies de fauche.

La replantation de bosquets ombrageants devrait être envisagée dans les zones où se situent les populations de moules ou dans des endroits potentiellement intéressants pour l'implantation de nouvelles populations (cf. Chapitre II : l'habitat).

Les principaux objectifs de ces reboisements seraient, en ce qui concerne les unionidés :

- ombrager certaines zones de la rivière, ce qui est particulièrement apprécié par les moules (Jungbluth, 1993 ; Moog, *et al.*, 1998) ;

- stabiliser les berges en vue de freiner l'érosion et donc l'entrée de fins sédiments dans la rivière ;
- réduire l'entrée, dans la rivière, de nutriments issus notamment d'épandages agricoles. En effet, la végétation peut effectivement piéger nitrates et phosphates avant qu'ils n'arrivent dans la rivière (Osborne et Kavadic, 1993).

En outre, la présence de feuillus sur les berges pourrait être bénéfique pour d'autres espèces telle que la loutre (*Lutra lutra*) (gîte) ou le martin-pêcheur (*Alcedo atthis*) (reposoirs).

Dans les portions qui seraient laissées ouvertes, les prairies et prairies humides devraient être entretenues régulièrement. Afin d'empêcher l'enrichissement du sol en nutriments, l'herbe fauchée tardivement devrait être exportée du site.

3.2 Protection des zones sensibles.

La protection totale de certains tronçons de rivière particulièrement sensibles pourrait être envisagée via l'achat des terrains riverains. Certaines réserves naturelles existantes pourraient ainsi s'étendre, d'autres pourraient être créées. Les secteurs à protéger devraient idéalement être situés dans des zones peu polluées et concerner, en priorité, les endroits où se trouvent les populations subsistantes. Les sites anciennement occupés par les moules, pour autant que l'on puisse les identifier, ainsi que les zones les plus intéressantes situées en amont des points de présence devraient également bénéficier d'une certaine priorité.

4. Maintien d'une population saine de poissons hôtes.

La protection des unionidés ou la restauration de leurs populations ne saurait s'envisager sans que des mesures de gestion piscicole ne soient prises (cfr. Biologie de la reproduction).

Ces mesures devront en tout cas :

- viser à maintenir en place une population équilibrée de truites fario ;
- faire en sorte que des truites jeunes (classes d'âge 0+ et 1+), essentielles au développement des glochidies, se rencontrent en nombre important dans les rivières.
- Eviter l'introduction, par rempoissonnement, notamment, d'espèces non indigènes de Salmonidae (truite arc-en-ciel ; saumon de fontaine...)

Idéalement, les rempoissonnements en truites farios devraient s'effectuer non pas avec des individus ayant déjà atteint la taille légale de capture mais au moyen d'alevins à vésicule résorbée ou, mieux encore, de boîtes Vibert.

Il conviendrait peut-être également d'interdire la pêche à la truite dans les secteurs à moules perlières, du moins pendant la période où les truites sont susceptibles d'héberger des glochidies (de septembre à avril)

5. Autres mesures :

Une surveillance régulière de la qualité des eaux (indices diatomiques, principalement) en des points judicieusement choisis, notamment à proximité des peuplements de moules, nous paraît indispensable. De même, un suivi régulier de l'état de ces derniers est hautement souhaitable afin d'apprécier l'efficacité des mesures de conservation qui seraient appliquées.

Si, en dépit d'une amélioration de la qualité de l'eau et de mesures de restauration / gestion de l'habitat, les populations de moules continuent à périr, une opération de renforcement de populations pourrait s'envisager à l'instar de ce qui s'est fait au Grand Duché : des jeunes truites farios préalablement infectées par des glochidies obtenues en conditions captives (Buddensiek, 1995) pourraient être relâchées en quantité importante en différents points de la rivière encore occupés par des vieux individus ou réputés favorables au développement des jeunes moules.

En conclusion, des mesures de conservation doivent être prises rapidement si l'on veut restaurer les populations de moules dans la vallée de l'Our. Ces mesures viseront essentiellement à améliorer la qualité des eaux et à restaurer l'habitat. Elles seront non seulement favorables à la moule perlière mais à toutes les espèces liées à cette rivière. De plus, la moule perlière étant un bio-filtreur efficace, l'existence de populations saines de cette espèce ne peut être que bénéfique pour l'ensemble de l'écosystème. Enfin, l'existence dans l'Our de populations saines de moules perlières, par leur rôle de bio-indicateurs, sera la preuve évidente de la bonne santé du milieu aquatique.

Vu le caractère frontalier de l'Our, il est bien entendu que les mesures de conservation et de gestion décrites ci-dessus devraient être prises conjointement en Belgique et en Allemagne.

II. La moule de rivière : *Unio crassus* (Philipsson, 1788).

La moule de rivière est un mollusque lamellibranche d'eau douce qui appartient à la famille des Unionidae. Contrairement à la moule perlière, les différents aspects de son écologie sont nettement moins connus et les publications qui en traitent sont particulièrement rares.

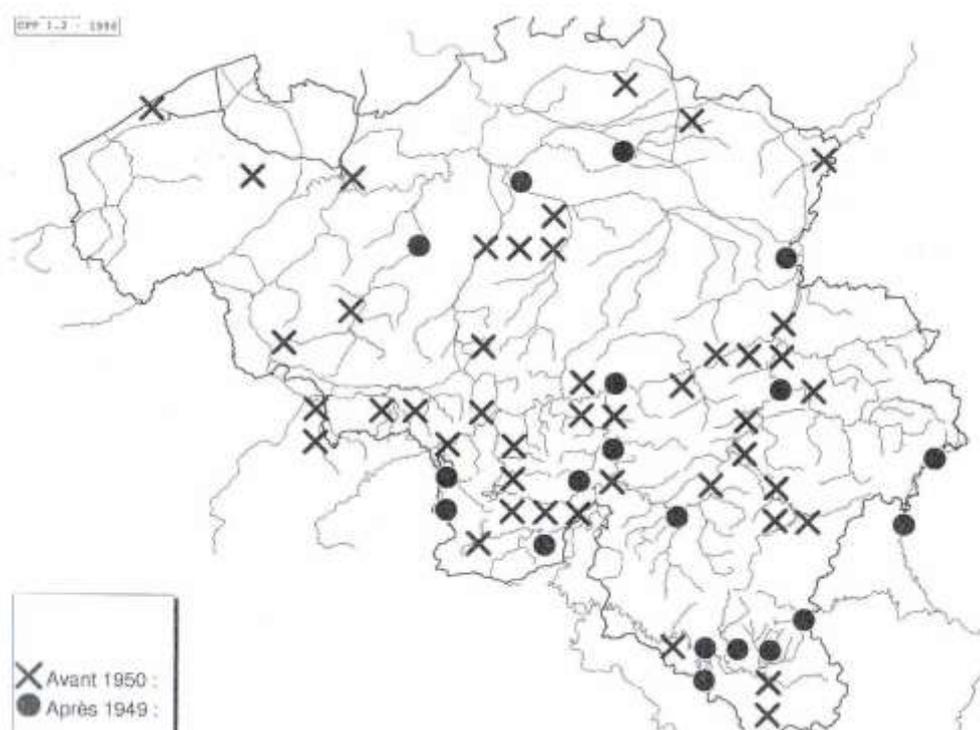
Description

La coquille présente une forme ellipsoïdale ou ovoïde dont la partie postérieure est beaucoup plus longue que la partie antérieure. Elle est constituée de deux valves très épaisses reliées par une charnière assez bien développée. La fermeture est aussi assurée par la présence de deux dents cardinales coniques bien séparées sur la valve gauche et d'une dent cardinal conique sur la valve droite.

La coquille présente des bandes d'accroissement denses et régulières et sa couleur est généralement brun foncé, plus rarement brun clair. Elle présente aussi des plages de coloration vert bouteille. La nacre de l'intérieur des valves est légèrement rosée. La longueur de la moule de rivière adulte varie de 50 à 70 mm, sa hauteur de 23 à 33 mm et son épaisseur, de 25 à 35 mm.

Distribution géographique

Cette espèce se retrouve en Europe centrale, occidentale et septentrionale, en Asie mineure jusqu'en Mésopotamie, aux Pays-Bas, en Belgique, mais manque en Grande-Bretagne. En Belgique, on peut la trouver essentiellement dans les rivières de Haute- et Moyenne Belgique (Nijs et Van Goethem, 1995). Ses populations ont assez nettement régressé depuis le début du siècle puisqu'à partir de 1950, on ne la trouve pratiquement plus qu'au sud du sillon Sambre-et-Meuse (voir la carte dressée d'après les données complétées de Nijs & Van Goethem, 1995).



Deux formes ont été décrites dans nos régions. La première ressemble à *Unio crassus crassus* et vit dans les rivières ardennaises, pauvres en calcaire. La seconde ressemble plus à *Unio crassus batavus* et vit dans les autres cours d'eau.

Habitat

La mulette de rivière se rencontre dans les ruisseaux ou dans les fleuves sur des fonds sableux, sablo-limoneux ou vaseux. Elle peut coexister avec *Margaritifera margaritifera* sans entrer en compétition (Bauer *et al.*, 1991). Ces deux espèces peuvent donc vivre dans des rivières présentant les mêmes conditions écologiques. Cependant, la mulette de rivière se retrouve plus souvent dans des eaux plus riches en nitrates et en calcium (Bauer *et al.*, 1991). Enfin, il est indispensable que ces rivières aient une population saine de poissons hôtes. Dans le cas de la mulette de rivière *Cottus gobio* serait un hôte plus approprié que la truite *fario* (Bauer *et al.*, 1991).

Biologie de la reproduction

Le cycle de vie est très semblable à celui décrit pour la moule perlière et comporte également 4 stades de développement : glochidie, et les stades parasitaire, juvénile et adulte. L'espérance de vie est seulement d'environ 20-30 ans.

Régime alimentaire

La mulette se nourrit par filtration. Son alimentation est essentiellement constituée d'algues filamenteuses, de protistes et de détritux végétaux.

Statut légal.

La mulette de rivière jouit d'une protection légale puisqu'elle est concernée :

1. par la Directive du Conseil n° 92/43/CEE sur la conservation des habitats naturels, de la flore et de la faune sauvage (annexe 2 : espèces animales d'intérêt communautaire dont la conservation nécessite la désignation de zones spéciales de conservation ; annexe 4 : espèces animales d'intérêt communautaire nécessitant une protection stricte).
2. par l'Arrêté du gouvernement wallon du 03 juin 1999 relatif à la protection de certaines espèces de mollusques.

Résultats

Les observations réalisées sur le terrain nous ont permis de découvrir quelques coquilles d'individus récemment décédés (c'est-à-dire au cours de l'hiver 1998/1999) dans l'Our à l'amont de Schoenberg (coordonnées UTM : 32 U LA 0574).

Conclusions et propositions de mesures de conservation :

Comme l'écologie d'*Unio crassus* est nettement moins bien connue que celle de *Margaritifera margaritifera*, et que cette espèce a une répartition plus limitée, correspondant à des exigences plus strictes, nous pouvons considérer que les mesures proposées pour la conservation de la moule perlière peuvent s'appliquer avec un certain succès à *Unio crassus* également. Toutefois, nous tenons à souligner que, compte tenu du fait qu'elle soit nettement moins bien connue, il nous paraît qu'un programme visant à diagnostiquer l'état de ses populations est encore plus nécessaire.

REFERENCES

- Adam, (1960) *Faune de Belgique. Mollusques Tome 1. Mollusques terrestres et ducicoles*. Inst. Roy. Sci. Nat. Belg. 402 pp. + 4 planches h.t.
- Barbason, M. (1996) *Un plan d'action agri-environnemental pour le parc naturel Hautes Fagnes – Eifel. Protection et gestion des fonds de vallées*. Service provincial d'information sur l'Environnement, Liège, 207 p.
- Bauer, G. (1979) Untersuchungen zur Fortpflanzungsbiologie der Flußperlmuschel im Flichtelgebirge. *Arch. Hydrobiol.*, **85** : 152-165.
- Bauer, G., Schrimppf, E., Thomas, W. & Herrmann, R. (1980) Zusammenhänge zwischen dem Bestandsrückgang der Flußperlmuschel im Flichtelgebirge und der Gewässerbelastung. *Arch. Hydrobiol.*, **88** : 505-513.
- Bauer, G. (1983) Age structure, age specific mortality rates and population trend of the freshwater pearl mussel in North Bavaria. *Arch. Hydrobiol.* **98** : 523-532.
- Bauer, G. (1986) The status of the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* L. in the south of its European range. *Biological Conservation*, **38** : 1-9.
- Bauer, G. (1987a) Reproductive strategy of the freshwater pearl mussel. *J. Anim. Ecol.*, **56** : 691-704.
- Bauer, G. (1987b) The parasite stage of the freshwater pearl mussel. II Susceptibility of brown trout. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* **76** (4): 393-402.
- Bauer, G. (1987c) The parasite stage of the freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera* L.) III. Host relationship. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* **76** (4): 413-423.
- Bauer, G. (1988) Threats to the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* L. in Central Europe. *Biological Conservation*, **45** : 239-253.
- Bauer, G. & Vogel, C. (1987) The parasite stage of the freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera* L.) I. Host response to glochidiosis. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* **76** (4): 393-402.
- Bauer, G., Hochwald, S. & Silkenat, W. (1991) Spatial distribution of freshwater mussels: the role of host fish and metabolic rate. *Freshwater Biology*, **26** : 377-386.
- Beasley, C.R. & Roberts, D. (1996) The current distribution and status of the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* L. 1758 in North-west Ireland. *Aquatic conservation : marine and freshwater ecosystems*, **6** : 169-177.
- Beasley, C.R. & Roberts, D. (1998) Does the freshwater pearl mussel, *Margaritifera margaritifera* L., face extinction in northern Ireland? *Aquatic conservation : marine and freshwater ecosystems*, **8** : 265-272.
- Beasley, C.R. & Roberts, D. (1999) Towards a strategy for the conservation of the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* in County Donegal, Ireland *Biological Conservation*, **89** : 275-284.
- Birringer, D. & Truffner, U. (1990) *Studie der Ourbeckens zwischen Ouren und Dasburg im Hinblick auf die Schaffung eines Naturschutzgebietes*. Mém. Dipl. europ. Sc. Environ. F.U.L., Arlon, 189 p + ann.
- Buddensiek, V., Engel, H., Fleischauer-Rössing, S. & Wächtler, K. (1993a)

- Studies on the chemistry of interstitial water taken from defined horizons in the fine sediments of bivalve habitats in several northern German lowland waters. II: Microhabitats in *Margaritifera margaritifera* L., *Unio crassus* (PHILLIPSSON) and *Unio tumidus* PHILLIPSSON. *Archiv. Hydrobiol.*, **127** : 151-166.
- Buddensiek, V., Ratzbor, G & Wächtler, K. (1993b) Auswirkungen von Sandeintrag auf das Interstitial kleiner Fließgewässer im Bereich der Lüneburger Heide. *Natur und Landschaft*, **68** : 47-51.
- Buddensiek, V. (1995) The culture of juvenile freshwater pearl mussels *Margaritifera margaritifera* L. in cages. A contribution to conservation programs and the knowledge of habitat requirements. *Biological Conservation*, **74** : 33-40.
- Earl of Cranbrook (1976) The commercial exploitation of the freshwater pearl Mussel *Margaritifera margaritifera* L. (Bivalvia : Margaritiferidae) in Great Britain. *J. Conch.*, London, **29** : 87-91.
- Fabri, R. & Leclercq, L. (1984) *Etude écologique des rivières du nord du massif ardennais (Belgique) : flore et végétation de diatomées et physicochimie des eaux*. Ed. Station scientifique des Hautes Fagnes, Robertville, vol 1 : 379 p ; vol 2 : 329 p. et vol. 3 : 201 p.
- Grundelius, E. (1987) Flodpärlmusslans tillbakagång i Dalarna. *Information från sötvattnans-laboratoriet Drottningholm*, **4** : 1-72.
- Harsanyi, A. (1995) Die Flußperlmuschel : eine aussterbende Tierart. Jungtiere überleben in unseren Gewässern nicht. *Fischer und Teichwirt*, **10** : 370-372.
- Hruska, 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. Hydrobiol.*, **126** : 181-191.
- Hruska, J. (1995) Problematik der Rettung ausgewählter oligotropher Gewässersysteme und deren natürlicher Lebensgemeinschaften in den Tscheschischen Republik. *Lindberger Hefte* **5**, 98-123.
- Hruska, J. (1998) Nahrungsansprüche der Flußperlmuschel und deren halbnatürliche Aufzucht in der Tschechischen Republik. *Heldia*, **4** (6) (sous presse).
- Huet, M. (1951) Nocivité des boisements en épicéas (*Picea excelsa* Link.) pour certains cours d'eau de l'Ardenne belge. *Verh. inter. theor. angew. Limnol.*, **11** : 189-200.
- Jungbluth, J.H. (1993) Analyses concernant la détérioration des eaux courantes dans les bassins hydrologiques de la Rur et du système Schwalm/Perlenbach. Annexe au point 3b de la réunion du 7 octobre 1993, 5 pp.
- Kashevarov, B. N. & Nikitin, V. O (1998) Notes on the freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*) in the Kostomuksha Nature Reserve. *Memoranda societatis pro fauna et flora fennica*, **74** : 41-44.
- Killeen, I.J., Oliver P.G. & Fowles, A.P. (1998) The loss of a freshwater pearl mussel population (*Margaritifera margaritifera*) in NW Wales. *J. Conchology*, **36** : 245-250.
- Koch, W. (1935) La mulette perlière. *Bulletin français de pisciculture*, **80** : 189-198.
- Moog, O., Nesemann, H., Ofenbock, T. & Stundner, C. (1995) Die Situation der

- Flußperlmuschel *Margaritifera margaritifera* in Österreich. *Artenschutzreport*, **5** : 1-3.
- Moog, O., Neesemann, H., Ofenböck, T. & Stundner, C. (1998) The freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* (L.) in Austria: fundamental conservation measures for an endangered species. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, **26** : 2438-2443.
- Mutvei, M., Dunca, E., Timm, H. & Scepkhina, T. (1996) Structure and growth rates of bivalve shells as indicators of environmental changes and pollution. *Bulletin de l'Institut Océanographique (Monaco). Numéro spécial*, **14** : 65-72.
- Nagel K-O. (1991a) Gefährdete Flußmuscheln in Hessen 1. Wachstum, reproduktionsbiologie und Schutz der Bachmuschel (Bivalvia: Unionidae: *Unio crassus*). *Zeitschrift für angewandte Zoologie*, **78** (2) : 205-218
- Nagel K-O. (1991b) Gefährdete Flußmuscheln in Hessen 2. Untersuchungen zu Fortpflanzungsbiologie, Populationsentwicklung und Wachstum der Flußperlmuschel *Margaritifera margaritifera* (Bivalvia: Unionidae). *Zeitschrift für angewandte Zoologie*, **78** (3) : 337-342.
- Nijs, E. & Van Goethem (1995) Distributional data of the unionids in Belgium (Mollusca, Bivalvia, Unionidae). *Bulletin de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique*, **65** : 83-87.
- Ofenböck, T., Miesbauer, H. & Heinisch, W. (1998) Ecological studies on the freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera* (L.), Margaritiferidae, Bivalvia, Mollusca) in the river Waldaist (Austria). Manuscript 5 pp.
- Osborne, L.L. & Kovacic, D.A. (1993) Riparian vegetated buffer strips in stream restoration and management. *Freshwater Biology*, **29** : 243-258.
- Philippart, J.Cl. & Vranken, M. (1983) Atlas des poissons de Wallonie. *Cahiers Ethol. appl.*, **3**, suppl. 1-2 : 1-395.
- Remy S. (1998) *Cartographie de la qualité de l'eau dans la vallée de l'Our, établie à l'aide de méthodes chimiques et biologiques (algues diatomées)*. Mém. Lic. Sc. Sanit. U.Lg. (non publié), 56 pp.
- Van Rompaey, E. & Delvosalle, L. (1972) *Atlas de la flore belge et luxembourgeoise. Ptéridophytes et spermatophytes*. Jardin botanique national de Belgique, Bruxelles, 1530 cartes.
- Wächtler, K. (1986) Zur Biologie der Flußperlmuschel *Margaritifera margaritifera* (L.). *Naturwissenschaften*, **73** : 225-233.
- Young, M.R. & Willams, J.C. (1983) The status and conservation of the freshwater pearl mussel in Great Britain. *Biological Conservation*, **25** : 35-52.
- Young, M.R. & Williams, J.C. (1984) The reproductive biology of the freshwater pearl mussel in Scotland, I. Field studies. *Arch. Hydrobiol.*, **99** : 405-422.
- Young, M.R. (1991) Conserving the Freshwater Pearl Mussel (*Margaritifera margaritifera* L.) in the British Isles and Continental Europe. *Aquatic conservation : marine and freshwater ecosystems*, **1** : 73-77.