



Sommaire

- Bichain, J.-M., Wagner, A.** - Un nouvel espoir pour *Unio crassus* Philipsson, 1788 (Mollusca, Bivalvia, Unionidae) en Alsace
- Cucherat, X.** - Première mention de la Veloutée rouge, *Pseudotrichia rubiginosa* (Rossmässler, 1838) (Mollusca, Gastropoda, Hygromiidae) en région Haute-Normandie
- Mienis, H.K., Rittner, O.** - On the presence of *Helix lucorum* Linnaeus, 1758 (Mollusca, Gastropoda, Helicidae) in Le Vesinet, a western suburb of Paris
- Mienis, H.K., Vaisman, S.** - The presence of live specimens of *Monacha cartusiana* (O.F. Müller, 1774) and *Ceriuella virgata* (Da Costa, 1778) (Mollusca, Gastropoda, Hygromiidae) has prevented the import of 23 tons of apples from France into Israel
- Prié, V., Cochet, G.** - Restaurer les fonctionnalités des écosystèmes : Proposition pour la réintroduction de l'Esturgeon de l'Atlantique *Acipenser oxyrinchus* Mitchill, 1815 (Pisces, Acipenseridae) pour sauver la Grande Mulette *Margaritifera auricularia* (Spengler, 1793) (Mollusca, Bivalvia, Margaritiferidae) de l'extinction
- Adam, B.** - L'Anodonte chinoise *Sinanodonta woodiana* (Lea, 1834) (Mollusca, Bivalvia, Unionidae) : une espèce introduite qui colonise le bassin Rhône-Méditerranée
- Cucherat, X., Gargominy, O.** - La malacofaune du site Natura 2000 du lac de Saint Léger et mention de *Vertigo angustior* Jeffreys, 1830 (Mollusca, Gastropoda, Vertiginidae) pour les Alpes-de-Haute-Provence
- Prié, V., Bousquet, P., Serena, A., Tabacchi, E., Jourde, P., Adam, B., Deschamps, T., Charneau, M., Tico, T., Bramard, M. & Cochet, G.** - Nouvelles populations de Grande Mulette *Margaritifera auricularia* (Spengler, 1793) (Bivalvia, Margaritiferidae) découvertes dans le sud-ouest de la France
- Georges, P., Charlier, P.** - Localisation préférentielle de *Cecilioides acicula* (O. F. Müller, 1774) dans deux tombes hellénistiques de Plinthe (Égypte)

MalaCo

Le journal électronique de la malacologie continentale française
www.journal-malaco.fr

MalaCo (ISSN 1778-3941) est un journal électronique gratuit, annuel ou bisannuel pour la promotion et la connaissance des mollusques continentaux de la faune de France.

Equipe éditoriale

Jean-Michel BICHAIN / Strasbourg / jean-michel.bichain@educagri.fr

Xavier CUCHERAT / Audinghen / xavier.cucherat@wanadoo.fr

Benoît FONTAINE / Paris / fontaine@mnhn.fr

Olivier GARGOMINY / Paris / gargo@mnhn.fr

Vincent PRIE / Montpellier / vprie@biotope.fr

Pour soumettre un article à MalaCo :

1^{ère} étape – Le premier auteur veillera à ce que le manuscrit soit conforme aux recommandations aux auteurs (en fin de ce numéro ou consultez le site www.journal-malaco.fr). Dans le cas contraire, la rédaction peut se réserver le droit de refuser l'article.

2^{ème} étape – Joindre une lettre à l'éditeur, en document texte, en suivant le modèle suivant :

"Veuillez trouver en pièce jointe l'article rédigé par << *mettre les noms et prénoms de tous les auteurs*>> et intitulé : << *mettre le titre en français et en anglais*>> (avec X pages, X figures et X tableaux).

Les auteurs cèdent au journal MalaCo (ISSN1778-3941) le droit de publication de ce manuscrit et ils garantissent que l'article est original, qu'il n'a pas été soumis pour publication à un autre journal, n'a pas été publié auparavant et que tous sont en accord avec le contenu."

3^{ème} étape – Envoyez par voie électronique le manuscrit complet (texte et figures) en format .doc et la lettre à l'éditeur à : jean-michel.bichain@educagri.fr. Pour les manuscrits volumineux (>5 Mo), envoyez un courriel à la même adresse pour élaborer une procédure FIP pour le dépôt du dossier final.

MalaCo est téléchargeable gratuitement sur le site : <http://www.journal-malaco.fr>

MalaCo (ISSN 1778-3941) est une publication de l'association **Caracol**

Association Caracol

1, rue Lafayette, 34530 Montagnac

JO Association n° 0034 DE 2003

Déclaration en date du 17 juillet 2003 sous le n° 2569

MalaCo

Sommaire ■ Novembre 2010 ■ numéro 6



Sommaire illustré : De gauche à droite, Esturgeon de l'Atlantique et Grande Mulette, une nouvelle cohabitation possible ? l'Anodonte chinoise, histoire d'une invasion ; l'Escargot Turc en Ile-de-France ; malacofaune des Alpes-de-Hautes-Provence ; l'Aiguillette commune, un allié pour les archéologues.

Pages 263 **Éditorial** CLAIRE REGNIER

Pages 264-298 **Brèves & Articles**

- p. 264 ▪ Un nouvel espoir pour *Unio crassus* Philipsson, 1788 (Mollusca, Bivalvia, Unionidae) en Alsace
Jean-Michel BICHAIN, Antoine WAGNER
- p. 265 ▪ Première mention de la Veloutée rouge, *Pseudotrachia rubiginosa* (Rossmässler, 1838) (Mollusca, Gastropoda, Hygromiidae) en région Haute-Normandie
Xavier CUCHERAT
- p. 266-267 ▪ On the presence of *Helix lucorum* Linnaeus, 1758 (Mollusca, Gastropoda, Helicidae) in Le Vesinet, a western suburb of Paris
Henk K. MIENIS, Oz RITTNER
- p. 268-269 ▪ The presence of live specimens of *Monacha cartusiana* (O.F. Müller, 1774) and *Cernuella virgata* (Da Costa, 1778) (Mollusca, Gastropoda, Hygromiidae) has prevented the import of 23 tons of apples from France into Israel
Henk K. MIENIS, Svetlana VAISMAN
- p. 270-277 ▪ Restaurer les fonctionnalités des écosystèmes : Proposition pour la réintroduction de l'Esturgeon de l'Atlantique *Acipenser oxyrinchus* Mitchill, 1815 (Pisces, Acipenseridae) pour sauver la Grande Mulette *Margaritifera auricularia* (Spengler, 1793) (Mollusca, Bivalvia, Margaritiferidae) de l'extinction
Vincent PRIE, Gilbert COCHET
- p. 278-287 ▪ L'Anodonte chinoise *Sinanodonta woodiana* (Lea, 1834) (Mollusca, Bivalvia, Unionidae) : une espèce introduite qui colonise le bassin Rhône-Méditerranée
Benjamin ADAM
- p. 288-293 ▪ La malacofaune du site Natura 2000 du lac de Saint Léger et mention de *Vertigo angustior* Jeffreys, 1830 (Mollusca, Gastropoda, Vertiginidae) pour les Alpes-de-Haute-Provence
Xavier CUCHERAT, Olivier GARGOMINY
- p. 294-297 ▪ Nouvelles populations de Grande Mulette *Margaritifera auricularia* (Spengler, 1793) (Bivalvia, Margaritiferidae) découvertes dans le sud-ouest de la France.
Vincent PRIE, Philippe BOUSQUET, Alain SERENA, Eric TABACCHI, Philippe JOURDE, Benjamin ADAM, Thierry DESCHAMPS, Mathieu CHARNEAU, Thierry TICO, Michel BRAMARD, Gilbert COCHET
- p. 298-302 ▪ Localisation préférentielle de *Ceciloides acicula* (O. F. Müller, 1774) dans deux tombes hellénistiques de Plinthine (Egypte)
Patrice GEORGES, Philippe CHARLIER

Pages 303-304 **Recommandations aux Auteurs**

Illustration de couverture : *Helicodonta obvolvata* (O.F. Müller, 1774). © Olivier Gargominy, 2005

Claire Régnier est doctorante au Muséum national d'Histoire naturelle à Paris sous la direction de Ph. Bouchet. Elle signe un article remarquable publié dans *Conservation Biology* (Régnier C., Fontaine B., Bouchet P. 2009. Not knowing, not recording, not listing: numerous unnoticed mollusk extinctions. *Cons. Biol.* 23 : 1214-1221) qui a été considéré, lors du dernier congrès international de malacologie, comme l'un des dix articles les plus marquants, pour la conservation des mollusques, de ces cinquante dernières années. MalaCo est donc très heureux de l'accueillir parmi ses éditorialistes.



Éditorial Si la sixième extinction m'était contée ...

Un cinquième des espèces auront disparu de la surface de la Terre d'ici 30 ans. Cette hypothèse était soutenue par près de 70% des biologistes il y a un peu plus de 10 ans. Depuis, elle est régulièrement relayée par les médias et les politiques. Or, que nous apprend depuis 10 ans, le listing « officiel » des espèces éteintes, à savoir la Liste Rouge de L'UICN ? Elle nous révèle une situation bien loin de toutes ces prédictions alarmistes: 459 espèces éteintes en 2000, 526 en 2004, 611 en 2007 et 854 en 2009. Où sont passées les 100 espèces éteintes chaque jour à la surface de la planète ? Dans le même temps, la description de la biodiversité n'a jamais été aussi florissante : pas moins de 16 000 espèces sont décrites chaque année pour une biodiversité évaluée à 10 millions d'espèces pour les estimations les plus récentes ! Alors qui croire ? Faut-il se ranger du côté des « éco-sceptiques » ? Faut-il remettre en question les chiffres « officiels » publiés par l'UICN ? C'est ce que nous nous sommes ingéniés à réaliser durant une étude effectuée en 2007 pour le seul cas des mollusques. Ces derniers constituent le groupe le plus impacté par l'extinction avec 324 espèces recensées comme éteintes par l'UICN en 2010 pour environ 85 000 espèces décrites, tous milieux confondus. Partant de ce postulat nous nous sommes lancés dans une « mise à jour » de ce listing. Le dépouillement d'une cinquantaine de revues, toutes disciplines confondues de la malacologie pur jus à la monographie en passant par le guide de terrain, et la consultation d'une trentaine d'experts dans le monde, malacologistes ou conservationnistes nous ont révélé une tout autre réalité. Pas moins de 278 nouvelles extinctions, non listées par l'UICN, nous ont été dévoilées par cette étude. Quelle leçon tirer de ces chiffres ? D'abord que les invertébrés et leur statut de conservation ne sont connus que des taxonomistes, une autre espèce en voie de disparition, loin de constituer le plus gros de la force de frappe de l'UICN. Ensuite, que recenser les extinctions chez les invertébrés relève du travail de fin limier; l'information, lorsqu'elle existe, est à rechercher à sa source, le plus souvent auprès des experts eux-mêmes lorsqu'elle n'est pas publiée, ou dans des bulletins naturalistes à diffusion très limitée. De plus, le processus d'inclusion d'une espèce dans la Liste Rouge de l'UICN peut s'avérer très décourageant pour les non-écologues; la qualité ainsi que la quantité de données écologiques et démographiques requises ne sont, le plus souvent, pas équivalentes ou disponibles pour les espèces d'invertébrés à celles compilées pour les vertébrés supérieurs. Sur ce dernier point, nous avons réalisé une nouvelle étude ces trois dernières années sur les connaissances scientifiques fondant la notion de « sixième extinction », en nous appuyant une nouvelle fois sur le cas des mollusques. Ce travail avait pour but d'évaluer d'un point de vue quantitatif mais aussi qualitatif, le type de données auxquelles nous avons accès aujourd'hui pour évaluer le statut de conservation d'un groupe d'invertébrés. Entre autres résultats, nous avons découvert que sur un échantillon aléatoire de 200 espèces de mollusques terrestres, nous disposons de données suffisantes pour les confronter aux critères UICN pour moins d'un sixième d'entre elles. Autre résultat : pour un tiers de ces espèces, on ne trouve aucune trace d'elles dans la littérature ou auprès des experts depuis plus de 50 ans. A qui profite le doute ? A la survie des espèces ou à leur extinction ? Combien d'extinctions passées inaperçues nous révélerait la même étude appliquée aux 26 000 espèces de mollusques terrestres ou encore au million d'espèces d'arthropodes ? Ne sont-ils pas à rechercher là, les chiffres d'extinction de masse promis depuis des années ? ■

Claire Régnier

Muséum national d'Histoire naturelle, Paris

1^{er} octobre 2010

Bichain, J.-M. & Wagner, A. 2010. Un nouvel espoir pour *Unio crassus* Philipsson, 1788 (Mollusca, Bivalvia, Unionidae) en Alsace. *MalaCo*, 6 : 264.
Brève publiée sur www.journal-malaco.fr (ISSN 1778-3941)

Un nouvel espoir pour *Unio crassus* Philipsson, 1788 (Mollusca, Bivalvia, Unionidae) en Alsace

Jean-Michel BICHAIN¹ & Antoine WAGNER²

¹ Muséum national d'Histoire naturelle, Paris
² Musée Zoologique de Strasbourg

La mulette épaisse (*Unio crassus* Philipsson, 1788) appartient à la malheureuse cohorte des mollusques continentaux menacés faisant par conséquent l'objet d'une réglementation nationale (arrêté du 23 avril 2007) et européenne (Directive habitats, annexes II et IV). La mulette épaisse est par ailleurs catégorisée comme LR/nt (faible risque) dans la liste rouge mondiale de l'UICN (2009) et considérée En Danger dans la liste rouge d'Alsace (Geissert *et al.* 2003). La répartition de l'espèce dans cette région est largement méconnue et en réalité une seule publication récente fait référence à des individus vivants (Geissert *et al.* 1992) dans une localité du Bas-Rhin où la situation semblait préoccupante : « [...] Cette mulette était la plus fréquente dans la Moder, où des centaines d'individus vivaient sur fond sableux près d'Auenheim. Actuellement elle ne vit que dans le cours inférieur de cette rivière aux alentours de Fort-Louis, où elle est cependant très rare [...] ». Aucune prospection récente n'a confirmé la pérennité des populations sur ce site, et au vu du déclin des populations, le statut de l'espèce en Alsace reste hypothétique. Dans ce contexte, la découverte de valves fraîches attribuables à cette espèce dans le Muhlbach et dans la Bruche à hauteur d'Eckbolsheim redonne espoir. En effet, lors d'un abaissement du Muhlbach, une première série de valves en connection et d'apparence fraîche a été découverte (AW 2006). Des recherches le long de la Bruche (AW 2006 & JMB 2009), quelques centaines de mètres au Sud du Muhlbach, ont permis de découvrir d'autres valves d'*Unio crassus* et de la mulette des peintres, *Unio pictorum* (Linnaeus, 1758). La présence du périostacum recouvrant des valves encore liées par leur ligament est un argument fort de suspicion de présence d'une population sur ces deux sites. Cependant, la turbidité du Muhlbach limite fortement la recherche d'animaux vivants au niveau de son lit. Si rien ne permet d'affirmer qu'une population survit dans ces cours d'eau, l'espoir reste de mise. Il sera de toute façon nécessaire d'entreprendre des prospections fines sur l'ensemble des linéaires du Muhlbach et de la Bruche pour confirmer la présence de l'espèce et d'évaluer la taille globale des populations.

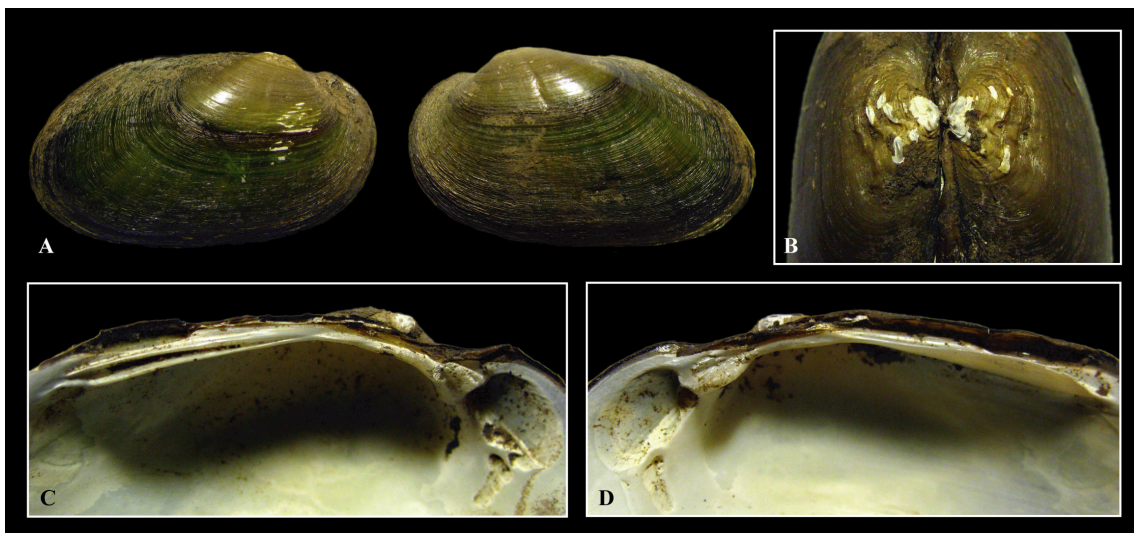


Figure 1 - Valves d'*Unio crassus* récoltées dans le Muhlbach (Bas-Rhin). **A.** Vue externe des valves d'un même individu (taille réelle : longueur 55 mm, hauteur 30 mm, épaisseur 21 mm), **B.** Vue sur l'umbos, **C & D.** Vue sur les charnières gauche et droite.

Geissert, F., Bichain, J.M. & Bertrand, A. 2003. Liste Rouge des Mollusques d'Alsace. In ODONAT (Coord.). *Les listes rouges de la nature menacée en Alsace*. Collection Conservation, Strasbourg : 198-211.

Geissert F., Merckel JJ., Zimmermann S. 1992. Observations floristiques, zoologiques et géologiques inédites dans le Bas-Rhin. *Bulletin de l'Association Philomathique d'Alsace et de Lorraine*, 28 : 7-15.

UICN 2009. *IUCN Red List of Threatened Species*. Version 2009.1. <www.iucnredlist.org>. Consulté le 8 octobre 2009.

Cucherat, X. 2010. Première mention de la Veloutée rouge, *Pseudotrachia rubiginosa* (Rossmässler, 1838) (Mollusca, Gastropoda, Hygromiidae) en région Haute-Normandie. *MalaCo*, 6 : 265.
Brève publiée sur www.journal-malaco.fr (ISSN 1778-3941)

Première mention de la Veloutée rouge, *Pseudotrachia rubiginosa* (Rossmässler, 1838) (Mollusca, Gastropoda, Hygromiidae) en région Haute-Normandie

Xavier CUCHERAT

Biotope Nord-Littoral, ZA de la Maie / Avenue de l'Europe, F-62720 Rinxent

La Veloutée rouge a une aire de répartition centrée sur l'Europe de l'Est (Kerney *et al.* 1983). Elle se trouve en limite occidentale de répartition en Belgique (De Wilde *et al.* 1986), en Grande-Bretagne (Kerney 1999) et en France (Cucherat & Demuynck 2004) où elle y est localisée. Sa première mention en France a été attribuée à tort à Cucherat & Demuynck (2004), alors qu'elle avait été citée par Sueur & Triplet (1984) et par Geissert (1999), respectivement en Picardie et en Alsace. Ces références n'indiquaient cependant pas si l'identification reposait sur la base d'un examen des organes génitaux, permettant d'écartier toute confusion avec les espèces d'Hygromiidae hirsutes (*e.g.* *Trochulus*). Depuis 2004, la Veloutée rouge a été observée dans plusieurs localités du nord de la France (Cucherat 2010) où elle présente une écologie particulière. En effet, l'espèce est strictement inféodée aux moyennes et grandes vallées alluviales. Plus précisément, elle est restreinte au lit majeur des cours d'eau (berges ou plans d'eau s'y trouvant) qui connaissent des variations de niveau d'eau (inondations ou régime tidal). La Veloutée rouge vit dans les débris végétaux qui se trouvent au niveau des laisses de crues.

La Veloutée rouge a été trouvée dans la Tourbière d'Heurteauville, Espace Naturel Sensible (ENS) du département de la Seine-Maritime (76). Cette découverte a été réalisée dans le cadre de la rédaction du plan de gestion (complément de diagnostic de la malacofaune 2009) commandé par le Département de Seine-Maritime. Cet ENS est localisé dans le lit majeur de la Seine, sur la commune d'Heurteauville, à 30 km à l'ouest de la ville de Rouen. La Veloutée rouge a été récoltée sous les débris végétaux déposés le long d'un fossé drainant une aulnaie-frênaie à grandes laîches. L'espèce a été observée en compagnie du Vertigo de Des Moulins, *Vertigo moulinsiana* (Dupuy, 1849), initialement découvert par le collectif GERMAIN (Pouchard 2007).

À ce jour, il s'agit de la première mention publiée de cette espèce pour la région Haute-Normandie. Il est toutefois possible qu'elle ait été jadis observée, mais confondue avec d'autres espèces de gastéropodes à coquille hirsute. Seule une comparaison des coquilles conservées dans les musées avec des individus identifiés sur la base de dissection permettrait de vérifier la présence ancienne de l'espèce dans la région. Dans tous les cas, il s'agit ici de la localité la plus occidentale actuellement connue pour l'espèce en France et la quatrième localité pour le bassin hydrographique de la Seine (Cucherat 2010).

- Cucherat, X. 2010. *Pseudotrachia rubiginosa* (A. Schmidt 1853) (Hygromiidae) in Northern France. *Journal of Conchology*, 40 (3): 353 - 354.
- Cucherat, X. & Demuynck, S. 2004. *Pseudotrachia rubiginosa* (Pulmonata, Hygromiinae): a snail new to France. *Journal of Conchology*, 38 (3): 317 - 321.
- De Wilde, J. J., Marquet, R. & Van Goethem, J. L. 1986. Atlas provisoire des gastéropodes terrestres de la Belgique. Bruxelles. (Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique): 285 pages.
- Geissert, F. 1999. Associations de Mollusques testacés observés dans les forêts alsaciennes et autour de quelques ruines vosgiennes (plaine, colline, Vosges; Jura) et autour de quelques ruines (5ème partie). *Bulletin Association Philomatique d'Alsace et de Lorraine*, 35: 53-76.
- Kerney, M. 1999. *Atlas of the Land and Freshwater Molluscs of Britain and Ireland*. Great Horkesley, Colchester. (Harley books): 264 pages.
- Kerney, M. P., Cameron, R. A. D. & Jungbluth, J. H. 1983. *Die Landschnecken Nord- und Mitteleuropas. Ein Bestimmungsbuch für Biologen und Naturfreunde*. Hamburg und Berlin. (Paul Parey): 384 pages.
- Pouchard, C. 2007. *Compte rendu du week-end de prospections malacologiques en Seine-Maritime des 24 et 25 novembre 2007*. Collectif Germain. 8 pp. Rouen.
- Sueur, F. & Triplet, P. 1984. Premiers éléments de répartition et d'écologie des gastéropodes terrestres de la Somme. *Picardie-Écologie*, 2 (1): 63-76.

Mienis, H.K. & Rittner, O. 2010. On the presence of *Helix lucorum* Linnaeus, 1758 (Mollusca, Gastropoda, Helicidae) in Le Vesinet, a western suburb of Paris. *MalaCo*, 6 : 266-267.
Article publié sur www.journal-malaco.fr (ISSN 1778-3941)

On the presence of *Helix lucorum* Linnaeus, 1758 (Mollusca, Gastropoda, Helicidae) in Le Vesinet, a western suburb of Paris

Henk K. MIENIS¹, Oz RITTNER²

¹ National Collections of Natural History, Department of Zoology,
Tel Aviv University, IL-69978 Tel Aviv, Israel

² National Natural History Collections, Berman Building,
Hebrew University of Jerusalem, IL-91904 Jerusalem, Israel

Correspondance : mienis@netzer.org.il & israelbutterflies@gmail.com

Résumé — L'escargot turc *Helix lucorum* est signalé d'un jardin au Vésinet (Ile-de-France, France). Cette espèce introduite semble être présente dans plusieurs autres jardins dans cette zone périurbaine. Par ailleurs, d'autres populations peuvent être attendues dans d'autres régions de France et d'Europe où des spécimens vivants d'*Helix lucorum* sont vendus pour la consommation.

Mots clés — Mollusca, Gastropoda, Helicidae, *Helix lucorum*, espèce exotique, France.

Abstract — The Turkish snail *Helix lucorum* is reported from a garden in Le Vesinet (Paris, France). This introduced species seems to be present in a number of gardens in that suburb. Additional populations may be expected in other areas of France and elsewhere in Europe where living specimens of *Helix lucorum* are sold on markets and in shops.

Key-words — Mollusca, Gastropoda, Helicidae, *Helix lucorum*, exotic species, France.

The Turkish snail ("Escargot Turc") *Helix lucorum* Linnaeus, 1758 is considered an introduced species in France (Falkner *et al.* 2002). It reached France already in 1883 when M. Roy brought this species from Italy and established a colony in Moulin-à-Vent near Lyon (Locard & Germain 1904; Germain 1929 & 1931). A specimen from that introduced colony, dating to the first years of its establishment, is present in the former collection of G.S. Coen, which forms now part of the National Natural History Collections of the Hebrew University of Jerusalem (HUJ 52881).

Today this species is still present at several localities in the Lyon district (Chevallier 1974a & 1975; Daguzan 1989), among others in a plot bordering the road going up the Esses hill near La Croix-Rousse. *Helix lucorum* seems to have established viable populations also elsewhere in France especially in the Continental and Mediterranean regions, while it is only occasionally reported from the Alpine and Pyrenean regions (Falkner *et al.* 2002). Here and there experiments are carried out in France to breed *Helix lucorum* for a commercial base (Chevallier 1983)

It has not been recorded so far from the Atlantic region including Paris (Falkner *et al.* 2002). Therefore the find of a living specimen adhering to the wall of a wooden garden house in Le Vesinet (Figure 1), a western suburb of Paris, by one of us (OZ) on 27 September 2009, was a real surprise. This specimen (Figure 1) forms now part of the Mollusc Collection of the National Collections of Natural History of the Tel Aviv University (TAU MO 65981). In another part of the garden several broken shells were seen. The owners of the property in Le Vesinet have been living there for more than 30 years and during that time they never released any snails in their garden. However during the last couple of years they have regularly seen numerous additional specimens of the Turkish snail in gardens elsewhere in the neighbourhood.

The establishment of *Helix lucorum* in France is without doubt due to the fact that living specimens are offered for sale in shops and on markets. Since the early sixties large quantities of living snails are being imported into France because the demand for local edible snails became much larger than the supply. First they were imported from neighbouring countries later on especially from Turkey (Chevallier 1974b). For example between 1969 and 1971 about 2000 tons of living snails (mainly *Helix lucorum*) were imported annually from Turkey (Lecomte 1974). In Turkey adult individuals, entering the reproductive state of development, show a mean weight of about 10 g but very large, grown up specimens may reach a weight of 37.5 g (Yildirim *et al.* 1999). If the mean weight of field collected specimens is about 15 g then the annual amount of specimens caught in the wild during those years and exported from Turkey to France reached the amazing number of 130 million! In the meantime the wild stock of *Helix lucorum* has been reduced strongly (Baran & Kumlutaş 1992). This investigation has resulted in some proposals to prevent the extinction of it in Turkey. According to Yildirim *et al.* (2004) it has still to be considered a vulnerable species although it is the most abundant among the edible land snails in Turkey. In spite of the results of these surveys it is still being collected in the wild by peasants and exported in large numbers to Western European countries.



Figure 1 — **Left** Wooden garden house in Le Vesinet, a western suburb of Paris where living specimens of *H. lucorum* were collected. **Right** One specimen collected at this locality.

In the past *Helix lucorum* was usually transported by train to France and according to personal information supplied by the late Ir. L.J.M. Butot (1918-2008), who studied the distribution of *Helix pomatia* Linnaeus, 1758 in the Netherlands for numerous years, often a part of the snails did not survive the long journey and sometimes the bad smelling snails were simply discarded along the railroad tracks. Among these snails were often still living ones which might have succeeded in establishing flourishing populations at such places. However, so far we have searched the literature in vain for some more detailed information concerning such events.

The establishment of viable populations of the introduced "Escargot Turc" *Helix lucorum* has not remained confined to France. The presence of a population in a garden in Kaposvár, Hungary, has been reported by Varga (1995). The original specimens were imported from Vitosia, Bulgaria. Reinink (2005) described a viable population in an empty plot of waste ground in the town of Zwolle, the Netherlands, but failed to trace the origin of these specimens, while most recently Larraz Azcárate (2010) recorded a population of it in Navarra, Spain, which was most probably established by means of introduced Italian specimens.

As long as living specimens of *Helix lucorum* are readily offered on markets and in shops we may expect the establishment of additional populations of the "Escargot Turc" in gardens in towns and villages throughout France and other countries where these snails are for sale.

References

- Baran, I. & Kumlucaş, Y. 1992. The stock determination of the snails of Turkey (*Helix lucorum*: Gastropoda, Mollusca). *Turkish Journal of Zoology*, 16: 107-117. (in Turkish)
- Chevallier, H. 1974a. Les mollusques continentaux de France d'intérêt économique. *Haliotis*, 3: 9-18.
- Chevallier, H. 1974b. Répartition en France et importance économique de l'escargot de Bourgogne, *Helix pomatia* Linné. *Haliotis*, 3: 177-183.
- Chevallier, H. 1975. Présence de *Helix lucorum* dans la banlieue lyonnaise. *Elona*, 2: 30.
- Chevallier, H. 1983. Recherches appliquées pour l'élevage des escargots de genre *Helix*. *Journal of Molluscan Studies*, Supplement 12A: 27-30.
- Daguzan, J. 1989. L'élevage de l'escargot ou héliciculture en France: état actuel et perspective. *Haliotis*, 19: 165-175.
- Falkner, G., Ripken, T. E. J. & Falkner, M. 2002. *Mollusques continentaux de France. Liste de référence annotée et bibliographie. Patrimoines naturels*, Paris. (Publications Scientifiques du M.N.H.N.): 350 pages.
- Germain, L. 1929. *Les helicidae de la faune française*. 484 pp, 16 planches. J. Desvigne Edit., Lyon.
- Germain, L. 1931. *Mollusques terrestres et fluviatiles*. Faune de France, 221-9897+ I-XIV, planches. 1-26. Paul Lechevallier, Paris.
- Larraz Azcárate, M.L. 2010. Cita de *Helix lucorum* Linnaeus, 1758 (Gastropoda: Helicidae) en Navarra (España). *Noticiario SEM*, 53: 43-44.
- Lecomte, V. 1974. Le marché des mollusques en France. *Haliotis*, 3: 173-175.
- Locard, A. & Germain, L. 1904. *Sur l'introduction d'espèces méridionales dans la faune malacologiques des environs de Paris*. 74pp. A. Rey, Lyon.
- Reinink, K. 2005. *Helix lucorum* Linnaeus, 1758 nu ook in Nederland. *Spirula*, 342: 2-3.
- Varga, A. 1995. A *Helix lucorum* (Linné, 1758) magyarországi betelepítése. *Malakológiai Tájékoztató*, 14: 21-22.
- Yildirim, M.Z., Kebapçı, Ü. & Gümüş, B.A. 2004. Edible snails (terrestrial) of Turkey. *Turkish Journal of Zoology*, 28: 329-335.

*Soumis le 14 août 2010 ;
Accepté le 29 août 2010.*

Mienis, H.K. & Rittner, O. 2010. The presence of live specimens of *Monacha cartusiana* (O.F. Müller, 1774) and *Cerņuella virgata* (Da Costa, 1778) (Mollusca, Gastropoda, Hygromiidae) has prevented the import of 23 tons of apples from France into Israel. *MalaCo*, 6 : 268-269.
Article publié sur www.journal-malaco.fr (ISSN 1778-3941)

The presence of live specimens of *Monacha cartusiana* (O.F. Müller, 1774) and *Cerņuella virgata* (Da Costa, 1778) (Mollusca, Gastropoda, Hygromiidae) has prevented the import of 23 tons of apples from France into Israel

Henk K. MIENIS¹, Svetlana VAISMAN²

¹ National Collections of Natural History, Department of Zoology,
Tel Aviv University, IL-69978 Tel Aviv, Israel

² Plant Protection & Inspection Services, Ministry of Agriculture,
P.O.Box 78, IL-50250 Bet Dagan, Israel

Correspondance : mienis@netzer.org.il & svetak@moag.gov.il

Résumé — La découverte de plusieurs spécimens vivants de *Monacha cartusiana* et de *Cerņuella virgata* dans une cargaison de 23 tonnes de pommes en provenance de France vers Israël a provoqué le retour en France de la cargaison entière par les services sanitaires (Plant Protection & Inspection Services) du ministère de l'agriculture. La raison de cette décision a été motivée par le statut d'espèce invasive de *Cerņuella virgata*.

Mots clés — Mollusca, Gastropoda, Hygromiidae, France, Israël, espèces invasives.

Abstract — The discovery of several living specimens of *Monacha cartusiana* and *Cerņuella virgata* in a shipment of some 23 tons of hand apples from France to Israel resulted in a decision by the Plant Protection & Inspection Services of the Ministry of Agriculture in Israel to return the entire shipment to France. The reason for this decision was triggered by the status of *Cerņuella virgata* as being a potentially pest species.

Key-words — Mollusca, Gastropoda, Hygromiidae, France, Israel, agricultural pests.

The Plant Protection & Inspection Services (PPIS) of the Ministry of Agriculture in Israel maintains permanent control posts at the places of entrance to Israel like international airports, harbours along the coast of the Mediterranean Sea and Gulf of Aqaba and land border crossings with Egypt and Jordan. At most places these posts are manned 24 hours a day and incoming merchandise is being inspected for the presence of potential pest species. Spot-checks of the luggage of some of the arriving passengers is also carried out. When suspected zoological or botanical specimens are being discovered then these items are forwarded to specialists for identification and interpretation of their potential pest status. In the meanwhile the suspected imports are being stored under conditions of quarantine until the opinions are being received from the specialists and decisions are being made by the heads of the different PPIS-subdivisions.

On 24th February 2010 a ship arrived in the Ashdod harbour with among others a commercial shipment of 23.360 kg of hand apples (*Malus domestica*) sent by an exporter in the south of France to a fruit dealer in Israel. In a few samples taken at random from among the 23 tons of apples some living snails were discovered hiding in the depression or notch where the stalk is connected to the apple.

These snails turned out to belong to *Monacha cartusiana* (Müller, 1774) and *Cerņuella virgata* (Da Costa, 1778) belonging to the Hygromiidae. These snails were identified as having a characteristically Mediterranean-Atlantic distribution and are commonly encountered in the south of France (Falkner *et al.* 2002). They are not known to be native to Israel.

Monacha cartusiana has never been intercepted in Israel before. Yet in Western and Central Europe it is currently considered an invasive species (Benke & Renker 2005; Pech & Pechova 2009; Kurek & Najberek 2009; Mienis, personal observations), but nowhere it seems to have developed so far into a pest species in either horticulture or agriculture.

Cerņuella virgata is another story. There is one record of *Cerņuella virgata* from Israel. In 1994/5 remnants of a small colony of this exotic species were found in a garden of the Faculty of Agriculture of the Hebrew University in Rehovot (Mienis 1995). However, in later years additional specimens were not found anymore.

Since *Cerņuella virgata* has the status of a serious pest species in agriculture in Australia (Baker 2008) and is considered of priority quarantine importance in the U.S.A. (Cowie *et al.* 2009) at least that species has the ability to turn also into an agricultural pest in Israel if it succeeds to establish fertile populations in suitable areas in the Mediterranean coastal plain. In the wake of that information the PPIS decided not to allow the entry of that shipment of apples and after long negotiations with the exporter the entire 23 tons were returned to France.

Acknowledgements — We like to thank Mrs. Miriam Shemla and Mr. Avner Eliraz (PPIS, Ashdod) for giving us the opportunity to study the discussed material. Moreover we like to thank Dr. Miriam Freund and Dr. Yo'av Motro (PPIS, Bet Dagan) for allowing Mrs. Svetlana Vaisman to do practice in the Mollusc Collection of the National Collections of Natural History at the Tel Aviv University.

References

- Baker, G.H. 2008. The population dynamics of the Mediterranean snails *Ceruella virgata*, *Cochlicella acuta* (Hygromiidae) and *Theba pisana* (Helicidae) in pasture-cereal rotations in South Australia: a 20-year study. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 48 (12): 1514-1522.
- Benke, M. & Renker, C. 2005. Vorkommen von *Monacha cartusiana* (O.F. Müller, 1774) und *Ceruella neglecta* (Draparnaud, 1805) im Stadtgebiet von Leipzig (Sachsen). *Malakologische Abhandlungen*, 23: 109-115.
- Cowie R.H., Dillon Jr., R.T., Robinson, D.G. & Smith J.W. 2009. Alien non-marine snails and slugs of priority quarantine importance in the United States: a preliminary risk assessment. *American Malacological Bulletin*, 27 (1-2): 113-132.
- Falkner, G., Ripken, T. E. J. & Falkner, M. 2002. Mollusques continentaux de France. Liste de référence annotée et Bibliographie. Patrimoines naturels, Paris. (Publications Scientifiques du M.N.H.N.) : 350 pages.
- Kurek, K. & Najberek, K. 2009. From the Black Sea coast to Poland – an incredible journey of *Monacha cartusiana* (O.F. Müller, 1774). *Folia Malacologica*, 17 (1): 41-42.
- Mienis, H.K. 1995. Finds of *Ceruella virgata* (Da Costa, 1778) in Rehovot, Israel. *Levantina*, 82: 5-6.
- Pech, P. & Pechova, H. 2009. *Monacha cartusiana* (Gastropoda: Hygromiidae) in South Bohemia. *Malacologica Bohemoslovaca*, 8: 28.

Soumis le 14 août 2010 ;

Accepté le 29 août 2010.

Prié, V. & Cochet, G. 2010. Restaurer les fonctionnalités des écosystèmes : Proposition pour la réintroduction de l'Esturgeon de l'Atlantique *Acipenser oxyrinchus* Mitchill, 1815 (Pisces, Acipenseridae) pour sauver la Grande Mulette *Margaritifera auricularia* (Spengler, 1793) (Mollusca, Bivalvia, Margaritiferidae) de l'extinction. *MalaCo*, 6 : 270-277.
Article publié sur www.journal-malaco.fr (ISSN 1778-3941)

Restaurer les fonctionnalités des écosystèmes : Proposition pour la réintroduction de l'Esturgeon de l'Atlantique *Acipenser oxyrinchus* Mitchill, 1815 (Pisces, Acipenseridae) pour sauver la Grande Mulette *Margaritifera auricularia* (Spengler, 1793) (Mollusca, Bivalvia, Margaritiferidae) de l'extinction

Restoring ecosystems functionalities: A proposal for reintroduction of the Atlantic Sturgeon *Acipenser oxyrinchus* Mitchill, 1815 to save Giant Pearl Mussel *Margaritifera auricularia* (Spengler, 1793) from extinction

Vincent PRIÉ¹ & Gilbert COCHET²

¹ Biotope, 22, Boulevard du Maréchal Foch, F-34140 Mèze

² Le Village, F-07130 Saint-Romain-de-Lerps

Correspondance : vprie@biotope.fr

Résumé — La Grande Mulette *Margaritifera auricularia*, autrefois largement répandue en Europe de l'Ouest, ne subsiste actuellement que par quelques populations qui ne recrutent plus depuis plusieurs années. La disparition de son principal poisson-hôte, l'Esturgeon européen *Acipenser sturio*, serait la principale cause de sa raréfaction. Il resterait quelques dizaines d'années pour sauver la Grande Mulette de l'extinction. Un programme de restauration de l'Esturgeon européen est en cours, mais compte tenu de sa maturité sexuelle tardive, il permettra au mieux le retour de quelques adultes dans les rivières de France d'ici une quinzaine d'année. Pour restaurer les fonctionnalités de l'écosystème et sauver la Grande Mulette de l'extinction, nous évoquons la réintroduction d'une espèce proche : l'Esturgeon de l'Atlantique *A. oxyrinchus*. Cette espèce est la moins menacée parmi les Acipenseridae et fut présente en France au moins entre -3 000 et 200 ans après Jésus-Christ. Les risques de compétition et/ou d'introggression avec l'Esturgeon européen, semblent pouvoir être écartés puisque les deux espèces ont cohabité par le passé. La possibilité d'une réintroduction de l'Esturgeon de l'Atlantique donne un espoir pour la restauration des populations de Grande Mulette.

Mots clés — *Acipenser*, Esturgeon de l'Atlantique, fonctionnalité, Grande Mulette, *Margaritifera*, réintroduction.

Abstract — The giant pearl mussel *Margaritifera auricularia*, previously widespread in Western Europe, still survives in a few aging core populations, which have not been recruiting for several decades. The extirpation of its main host-fish, the European Sturgeon *Acipenser sturio*, is believed to be the main cause of its rarefaction. A few decades seem to be left to save the giant pearl mussel from extinction. A European Sturgeon restoration plan is ongoing, but given the late sexual maturity of this species, we cannot expect a return of sexually mature individuals in rivers in France before ca. 15 years. In order to restore ecosystems' functionality and save the Giant Pearl Mussel from extinction, we suggest the reintroduction of a similar species: the Atlantic Sturgeon *A. oxyrinchus*. This species is the least threatened of the Acipenseridae and was present in France at least between 3 000 BC and 200 AD. The interspecific competition risk with the European Sturgeon, as well as the introgression risk, can be eliminated as both species have coexisted in the past. The possibility of reintroducing the Atlantic Sturgeon gives new insights for the recovery of Giant Pearl Mussel populations.

Key-words — *Acipenser*, Atlantic Sturgeon, functionality, Giant Pearl Mussel, *Margaritifera*, reintroduction.

La Grande Mulette : une espèce en voie d'extinction qui ne se reproduit plus

La Grande Mulette *Margaritifera auricularia* est une moule d'eau douce, autrefois répandue du Danemark au Portugal, dont il ne reste que quelques noyaux de populations épars (Figure 1). Elle est considérée par l'IUCN comme en danger critique d'extinction. En effet, outre les mortalités directes dues à la surpêche et aux aménagements de rivières, les populations qui subsistent en France semblent ne plus se reproduire depuis plusieurs dizaines d'années (Cochet 2001). Leur présence actuelle dans les cours d'eau atlantiques serait due à la longévité exceptionnelle des adultes, estimée à 150 ans (Cochet 2004). Bien que les causes de cette absence de reproduction restent floues, l'hypothèse d'une extinction en cascade paraît actuellement la plus tangible. En effet, la Grande Mulette, à l'instar des autres náyades, accomplit son cycle biologique par l'intermédiaire d'un poisson-hôte. Les larves (ou glochidies), libérées dans le milieu, vont s'enkyster dans les branchies du poisson-hôte pour effectuer leur métamorphose. Ainsi, les náyades dépendent étroitement de l'aire de répartition et de l'abondance de leur poisson-hôte (Hastie & Young 2001, Neves 2004). Or le poisson-hôte présumé de la Grande Mulette serait l'Esturgeon européen *Acipenser sturio* (Altaba 1990, Altaba *et al.* 2001, Araujo & Ramos 2001, Lopez *et al.* 2007). Ce dernier a presque totalement disparu des fleuves et rivières de France et d'Europe, la dernière reproduction naturelle étant datée de 1994 (Brosse 2003) en Gironde. La raréfaction des Grandes Mulettes semble suivre de quelques décennies celle de l'Esturgeon européen (Altaba 1990).

En effet, si l'Esturgeon européen a fréquenté la Seine jusqu'en 1917 selon certains auteurs (Magnin 1959, Billard 1997), la dernière capture documentée aux environs de Paris remonte à 1856 (Mantes-la-Jolie, Boisset 1948) ; les dernières Grande Mulettes se sont probablement éteintes dans l'Oise autour de 2007 (Prié *et al.* 2008a). Dans le bassin de la Loire, que l'Esturgeon européen fréquentait assez régulièrement jusqu'à la moitié du XIX^{ème} siècle, il aurait disparu vers 1940 (Darlet & Prioux 1950) ; des populations de Grande Mulettes subsistent dans la Vienne (Figure 2) et la Creuse mais sont sénescentes (Cochet 2001). La population de Grandes Mulettes la plus robuste se trouve dans la Charente, dont l'embouchure est toute proche des dernières populations d'Esturgeons européens, qui se trouvent dans l'estuaire de la Gironde.

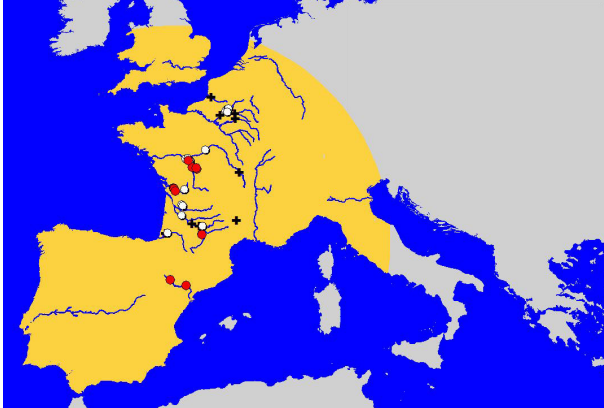


Figure 1 — Distribution passée et actuelle de la Grande Mulette. Les fleuves illustrés en **bleu** représentent des données historiques imprécises. **Points rouges** populations vivantes, **Points blancs** populations présumées éteintes récemment, **Croix** localités historiques, **Jaune** aire biogéographique historique

colonisation des rivières à Grandes Mulettes reste donc très hypothétique tant que les populations d'Esturgeons n'auront pas atteint un niveau élevé. Compte-tenu de l'état de sénescence des dernières populations (Araujo & Ramos 1998b, Cochet 2001, Prié *et al.* 2008a, b), ce laps de temps pour des résultats incertains ne semble pas compatible avec la sauvegarde de la Grande Mulette. Une nouvelle rencontre des deux « géants des rivières » semble donc compromise (Cochet 2010). A moins de restaurer les fonctionnalités de l'écosystème...

La fonctionnalité : clef de voûte des écosystèmes

Comme pour bien d'autres exemples (Barlow 2000), la survivance de la Grande Mulette est un « anachronisme » (Janzen & Martin 1982), témoin d'une interaction aujourd'hui disparue, d'une fonctionnalité dégradée. L'érosion de la diversité fonctionnelle des écosystèmes, dont la conséquence est un mécanisme d'extinctions en cascade, est devenue une problématique préoccupante dans le cadre de la préservation de la biodiversité (Koh *et al.* 2004a, Koh *et al.* 2004b). Les interactions entre espèces deviennent un enjeu majeur pour la conservation (Soulé *et al.* 2003, Soulé *et al.* 2005). La restauration des fonctionnalités des écosystèmes doit donc figurer parmi les objectifs primordiaux de gestion environnementale (Soulé *et al.* 2003, Foreman 2004, Donlan *et al.* 2005, Donlan *et al.* 2006).

Or le rôle fonctionnel des organismes est corrélé à leur taille. L'Esturgeon européen, dont la taille adulte varie généralement entre un et deux mètres, pourrait atteindre les 4 ou 5 m pour un poids allant jusqu'à 500 kg (Muus & Dahlström 1968, Muus 1999). C'est indéniablement le plus grand poisson que les rivières d'Europe de l'Ouest ont hébergé, dépassant largement la taille des plus gros silures *Silurus glanis* Linnaeus, 1758. Considérant que les espèces de grande taille ont généralement un rôle de « clef de voûte » dans les écosystèmes (ex. Borer *et al.* 2005) et ont une action déterminante sur le milieu, les impacts fonctionnels des Esturgeons vont probablement au-delà de leur relation avec la Grande Mulette.

La Grande Mulette est la plus grosse espèce indigène d'invertébrés d'eau douce en Europe : elle atteint une vingtaine de centimètres de long pour un poids dépassant les 400 grammes. Cette dernière ayant quasi disparu au cours du XX^{ème} siècle, aucune étude ne documente son impact sur l'écosystème. D'une manière générale, il existe relativement peu de travaux permettant d'appréhender le rôle fonctionnel des bivalves sur les écosystèmes (Davis *et al.* 2000, Howard & Cuffey 2006). Mais l'impact de certaines espèces envahissantes sur la turbidité des cours d'eau a pu être documenté (Phelps 1994) et certains projets visant à utiliser le pouvoir de filtration des bivalves d'eau douce à des fins économiques ont vu le jour (Soto & Mena 1999, Lara *et al.* 2000, McIvor 2004, Elliott *et al.* 2008). On peut supposer que la capacité de filtration de plusieurs dizaines de milliers d'individus de Grandes Mulettes puisse jouer un rôle non négligeable sur la qualité de l'eau, en particulier sur sa turbidité, en accélérant le phénomène de floculation (McIvor 2004).

Quels candidats pour restaurer le cycle biologique de la Grande Mulette ?

Plusieurs espèces pourraient s'ajouter à l'Esturgeon européen. Des tentatives de reproduction *in vitro* (Araujo & Ramos 2001, Araujo *et al.* 2003, Araujo 2004) ont en effet montré que les glochidies de la Grande Mulette pouvaient infester également les branchies de l'Esturgeon de Sibérie *Acipenser baerii* Linnaeus, 1758, de l'Esturgeon de l'Adriatique *Acipenser naccarii* Bonaparte, 1836, de la blennie fluviatile *Salaria fluviatilis* (Asso, 1801) et de la gambusie *Gambusia holbrooki* Girard, 1859. La gambusie est une espèce introduite d'Amérique du Nord. Elle fréquente rarement les mêmes

milieux que la Grande Mulette, affectionnant plutôt les eaux à faible courant et la végétation aquatique dense (Kottelat & Freyhof 2007), alors que la Grande Mulette vit à l'aval des grands fleuves dans des faciès sujets à de forts courants pendant les crues hivernales. Qui plus est, cette espèce ne rentre pas dans les terres, c'est plutôt une espèce côtière, estuarienne.

Enfin, bien que les espèces introduites n'aient pas nécessairement d'effets négatifs sur la fonctionnalité des écosystèmes aquatiques (Devin *et al.* 2005), les introductions d'espèces sont considérées comme l'une des principales causes de l'érosion de la biodiversité (Clout 1995, Olivieri & Vitalis 2001). Un hôte de substitution pour restaurer le cycle biologique de la Grande Mulette devra donc préférentiellement être autochtone. La blennie fluviatile ne vit que dans la partie méridionale de l'Europe (Keith & Allardi 2001, Kottelat & Freyhof 2007). Si elle peut jouer un rôle dans la reproduction des populations espagnoles, elle ne permettrait pas de préserver l'essentiel des effectifs, qui se trouvent en France, sur le bassin versant Atlantique (Prié *et al.* 2008b). Enfin, la gambusie ou la blennie fluviatile ne présentent pas le caractère anadrome des Esturgeons, c.-à.-d. qui passe la plus grande partie de sa vie en mer et ne remonte les rivières que pour se reproduire (McDowall 1987). Bien que la survie des glochidies de Grande Mulette en milieu marin dans les branchies des poissons-hôtes ne soit pas prouvée, les poissons migrateurs pourraient permettre un brassage génétique entre les populations de différents bassins versants, comme c'est probablement le cas pour la mulette perlière *Margaritifera margaritifera* (Linnaeus 1758) avec le saumon *Salmo salar* Linnaeus 1758. Ce brassage pourrait atténuer les effets négatifs de l'extrême fragmentation des populations de Grande Mulette (ex. Wilcox & Murphy 1985, Lamont & Klinkhamer 1993). Nous devons en conséquence nous tourner vers d'autres espèces d'Esturgeons. En effet, même si seuls l'Esturgeon européen, l'Esturgeon de l'Adriatique et l'Esturgeon de Sibérie sont actuellement considérés comme poissons-hôtes potentiels, il y a de fortes chances pour que les autres espèces du genre *Acipenser* puissent également servir de poisson-hôte (Araujo *et al.* 2003).



Figure 2 — Une des dernières Grandes Mulettes de la Vienne. Bien qu'aucun obstacle n'entrave les eaux entre elle et la mer, l'absence de poisson-hôte laisse peu d'espoir de voir perdurer cette population (© V. Prié/Biotope).

Il existe 24 espèces d'Acipenseridés dans le monde. La quasi-totalité des espèces est menacée ou en danger d'extinction (Rochard *et al.* 1990, Birstein 1993, Birstein *et al.* 1995, Birstein *et al.* 1997, Brosse *et al.* 2005, IUNC 2009). L'Europe héberge onze espèces d'Acipenseridés, dont dix du genre *Acipenser* (Tableau 1). Selon les critères de l'IUNC (2009), une espèce est catégorisée à faible risque, trois espèces sont vulnérables, six espèces sont en danger d'extinction et seul l'Esturgeon européen en danger critique d'extinction (Tableau 1). Des plans de restauration et des réintroductions sont en cours pour plusieurs espèces (Bruch 1999, Duke *et al.* 1999, Arlati *et al.* 2001, Wakeford 2001, Brosse *et al.* 2005).

Tableau 1 — Les Esturgeons européens : statut de conservation, statut en Atlantique et distribution actuelle. * Doutes sur la présence actuelle

Espèce	Catégorie IUCN	Statut en Atlantique	Distribution actuelle
<i>Acipenser gueldenstaedtii</i> Brandt, 1833	En		Mer noire
<i>Acipenser stellatus</i> Pallas, 1771	En		Mer noire
<i>Acipenser colchicus</i> Marty, 1940	En		Mer noire
<i>Acipenser nudiventris</i> Lovetsky, 1828	En		Mer noire
<i>Acipenser persicus</i> Borodin, 1897	En		Caspienne
<i>Acipenser ruthenus</i> Linnaeus, 1758	Vu	Introduite	Mer noire
<i>Acipenser baerii</i> Brandt, 1869	Vu	Introduite	Sibérie
<i>Acipenser sturio</i> Linnaeus, 1758	Cr	Autochtone	Atlantique, (Méditerranée, Mer noire)*
<i>Acipenser naccarii</i> Bonaparte, 1836	Vu		Adriatique
<i>Acipenser oxyrinchus</i> Mitchill, 1815	Nt	Eteinte	Amérique du Nord
<i>Huso huso</i> Linnaeus, 1758	En		Mer noire (Adriatique)*

La distribution de *A. colchicus*, *A. nudiventris*, *A. persicus* et *A. stellatus* ne recouvre pas l'aire de répartition historique de la Grande Mulette (Kottelat & Freyhof 2007).

Le Sterlet *A. ruthenus* est un poisson d'eau froide, ce qui explique son aire de répartition. Bien que des individus soient introduits en France (Keith & Allardi 2001), il ne se reproduit pas dans nos rivières probablement en raison de leur température et ne rencontre pas la Grande Mulette.

L'Esturgeon de Sibérie *A. baerii* peut héberger des glochidies de Grandes Mulettes. C'est une espèce qui se reproduit bien en conditions artificielles, et qui est déjà présente dans les eaux françaises, où elle a été introduite accidentellement à partir de piscicultures, notamment en 1999 dans la Gironde (Brosse 2003). Toutefois, elle ne semble pas se reproduire dans les rivières françaises qui seraient trop chaudes : elle ne fraie qu'à des températures comprises entre 9 et 18°C (Kottelat & Freyhof 2007). Ces températures se rencontrent dans les rivières de France, mais pas pendant la période de reproduction.

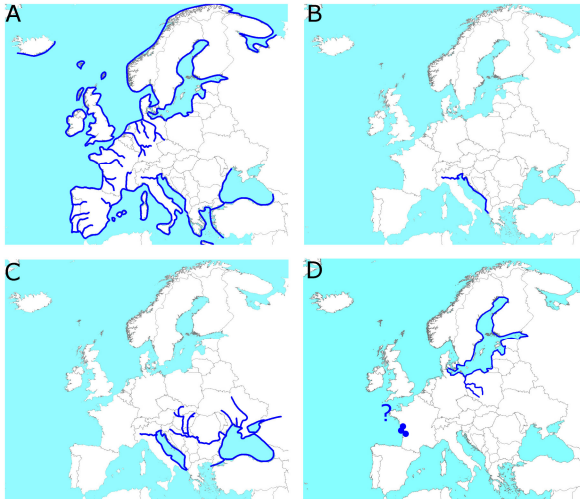


Figure 3 — Répartitions historiques des différentes espèces d'Esturgeons ayant été naturellement en contact avec des populations de Grandes Mulettes. **A.** Esturgeon européen ; **B.** Esturgeon de l'Adriatique ; **C.** Béluga ; **D.** Esturgeon de l'Atlantique. Pour cette dernière espèce, les points bleus indiquent la position des sites archéologiques analysés par Desse-Berset (2009). La répartition historique exacte et la date de disparition de cette espèce en Europe restent mal connues.

Restent donc trois espèces d'Esturgeons présents historiquement, au moins en partie, sur l'aire de répartition de la Grande Mulette (Figure 3), en plus de l'Esturgeon européen.

L'Esturgeon de l'Adriatique *A. naccarii* frayait dans les fleuves de l'Adriatique et aurait également colonisé quelques fleuves de Méditerranée occidentale et de l'Atlantique (Hernando *et al.* 1999, De la Herran *et al.* 2004). Dans le Pô, les Esturgeons de l'Adriatique ont été réintroduits avec succès (Arlati *et al.* 2001). L'Esturgeon de l'Adriatique pourrait donc être un hôte intermédiaire pour les populations méditerranéennes. Toutefois, sa présence à l'Ouest de la péninsule italienne n'est pas prouvée. Bien qu'il ait été suspecté dans le Rhône (Brosse *et al.* 2005), il semble aujourd'hui de plus en plus probable que seul l'Esturgeon européen ait frayé dans le plus grand fleuve méditerranéen français (Desse-Berset *et al.* 2008, Brosse *et al.* 2009, Pagès *et al.* 2009). En conclusion, d'une part, l'indigénat de l'Esturgeon de l'Adriatique dans l'Atlantique est douteux et, d'autre part, son statut actuel de conservation le rapproche de l'Esturgeon européen et il est peu probable que l'on parvienne à le réintroduire avec succès dans les délais très courts qui nous séparent de l'extinction des Grandes Mulettes.

Bien que l'extension vers l'Ouest de l'aire de répartition du Béluga *Huso huso* soit discutée (Hernando *et al.* 1999), il cohabitait au moins dans le Pô avec la Grande Mulette. Mais l'aire de répartition du Béluga ne recouvre pas celle des Grandes Mulettes atlantiques. De plus, le Beluga figure parmi les espèces les plus menacées d'extinction, donc la faisabilité de sa réintroduction en vue de sauvegarder les dernières Grandes Mulettes est compromise.

L'Esturgeon de l'Atlantique *A. oxyrinchus* est une espèce américaine, mais qui fut présente en Europe. En effet, des études récentes (Ludwig *et al.* 2008) ont montré que les dernières populations de la Baltique étaient des *A. oxyrinchus*, et non des *A. sturio* comme on le pensait précédemment. *A. oxyrinchus* aurait colonisé la Baltique il y a environ 1 200 ans, remplaçant progressivement *A. sturio*, avant d'être exterminé par la surpêche à partir des années 1960. Les derniers individus furent pêchés en 1996 au large de l'Estonie et en 2005 sur les côtes du Pays de Galles (Kottelat & Freyhof 2007). La découverte de la présence passée d'*A. oxyrinchus* justifie selon ces auteurs la mise en place d'un programme de réintroduction (Ludwig *et al.* 2002). Un projet allemand a alors vu le jour dans l'Oder, entre l'Allemagne et la Pologne (Figure 4). Desse-Berset (2009) a pu récemment montrer que l'Esturgeon de l'Atlantique était également présent en France au moins jusqu'à 200 ans après Jésus-Christ, entre la Rochelle et l'embouchure de la Garonne. Les deux espèces ont donc coexisté dans la même région géographique dans un passé proche. Bien que le rôle de poisson-hôte de l'Esturgeon de l'Atlantique pour la Grande Mulette reste à tester, le succès est hautement probable : trois espèces du genre ont pu héberger les glochidies de Grandes Mulettes (Araujo & Ramos 2001, Araujo *et al.* 2004, Lopez *et al.* 2007) ; l'Esturgeon de l'Atlantique est l'espèce la plus proche aux niveaux morphologique, cytogénétique (Fontana *et al.* 2008) et phylogénétique (Birstein & Doukakis, 2000, Peng *et al.* 2007) au point que son statut d'espèce distincte reste discuté (Artyukhin & Vecsei 2007). L'Esturgeon de l'Atlantique est la seule espèce d'acipenserid qui ne soit pas menacée d'extinction (IUCN 2009). Cette espèce survit par dizaines de milliers en Amérique du Nord. Sa valence écologique lui permettrait de survivre dans les fleuves et rivières abritant la Grande Mulette, au moins sur la façade atlantique. De nombreux programmes sont déjà en cours pour la restauration de ses populations (U.S. Fish and Wildlife Service & Gulf States Marine Fisheries Commission, 1995, Richardson *et al.* 2006) et son élevage est bien documenté (ex. Mohler 2004).

Les autres espèces d'Esturgeons, pouvant être des poissons-hôtes pour la Grande Mulette, ne recouvrent pas son aire de répartition historique et seraient donc à introduire, avec tous les aléas que cela comporte (acclimatation, compétition avec *A. sturio*, impact sur le milieu etc.). On sait aujourd'hui que l'Esturgeon de l'Atlantique a vécu en France au moins jusqu'au deuxième siècle en compagnie de l'Esturgeon européen. Sa présence historique dans les eaux françaises, à une époque où la nature avait peu souffert des impacts humains, garantit que son retour n'aura pas d'impact négatif sur l'environnement.

L'Esturgeon de l'Atlantique, qui a déjà pu être l'un des hôtes de la Grande Mulette, est donc un candidat idéal dans le cadre d'un programme de sauvegarde des dernières populations de Grande Mulette sur le bassin versant atlantique.

Réintroduction de l'Esturgeon de l'Atlantique : quels risques pour l'Esturgeon européen ?

Les éventuels risques de la réintroduction sont l'introgression et la compétition interspécifique. Ces deux risques doivent être étudiés en fonction des connaissances disponibles sur les deux espèces. Le débat sur le risque d'introgression, qui conduit au remplacement progressif d'une espèce par une autre suite à l'hybridation, a été soulevé par Tiedemann *et al.* (2007). Les résultats de cette étude sur l'ADN mitochondrial semblaient montrer que ce processus aurait conduit au remplacement des populations d'Esturgeon européen par celles d'Esturgeons de l'Atlantique dans la Baltique. Se basant sur ces résultats, Kirschbaum *et al.* (2009) mettent en doute la pertinence des projets de réintroduction d'Esturgeons de l'Atlantique en Europe. Toutefois, la validité de ces résultats est aujourd'hui remise en question (Gessner, *com. pers.*), notamment par les découvertes récentes montrant que les deux espèces ont bien vécu en sympatrie par le passé. Le programme de réintroduction de l'Esturgeon de l'Atlantique dans l'Oder se poursuit donc actuellement, en parallèle avec un programme de réintroduction de l'Esturgeon européen dans l'Elbe, initié en 2008.

Concernant le risque de compétition interspécifique, dans la Gironde, « plusieurs tonnes d'Esturgeons sibériens » ont été introduites accidentellement en 1999 (Brosse 2003). Brosse (2003) considère « qu'une compétition trophique est possible entre les juvéniles d'*A. sturio* et les juvéniles d'*A. baerii* dans la partie amont de l'estuaire de la Gironde ».

Dans la Baltique, Ludwig *et al.* (2008) montrent que *A. oxyrinchus* a progressivement remplacé *A. sturio* après la fondation de sa population il y a 1 200 ans. Les derniers *A. sturio* auraient disparu il y a 800 ans. Mais c'est le changement climatique, avec le « petit âge glaciaire », qui serait responsable de la disparition de *A. sturio*. En effet, *A. sturio* a besoin pour frayer d'eaux plus chaudes (>20°C) alors que *A. oxyrinchus* peut frayer dans des eaux entre 13 et 26°C. Ils ne considèrent donc pas qu'un phénomène de compétition ait pu éradiquer *A. sturio* de la Baltique. De nombreux fleuves ont hébergé par le passé plusieurs espèces d'Esturgeons. L'Esturgeon européen cohabitait dans le Pô avec *A. naccarii* et *H. huso*. Il a également cohabité avec cinq espèces d'Esturgeons dans le Danube (Bloesch *et al.* 2006, Tableau 1). La compétition interspécifique, si elle a existé, n'a donc pas exclu *A. sturio*. Enfin, la découverte récente de restes fossiles attribuables à *A. oxyrinchus* sur la façade Atlantique française (Desse-Berset 2009) montre que les deux espèces y ont cohabité par le passé.



Figure 4 — Un jeune Esturgeon de l'Atlantique, près d'être relâché dans l'Oder (© B. Midgalska 2007). Cette espèce est indifférentiable morphologiquement de l'Esturgeon européen.

Cependant, le principe de précaution voudrait que l'on ménage les dernières populations de *A. sturio* de la Gironde. La Gironde pourrait rester un sanctuaire dédié à *A. sturio* si une réintroduction de *A. oxyrinchus* se faisait dans d'autres systèmes, par exemple la Loire, où des populations de Grande Mulettes subsistent sur la Vienne, avec une transparence migratoire totale permettant un lien à la mer (Cochet 2007). Le phénomène de « homing » assez prononcé chez *A. oxyrinchus* (Stabile *et al.* 1996, Waldman & Wirgin 1998) comme chez *A. sturio* (Kirschbaum & Gessner 2000) permettrait de séparer géographiquement les deux espèces pour les sites de reproduction.

Prédation, impact sur le milieu

On peut se poser la question de l'impact sur le milieu du retour du plus gros poisson que les eaux douces françaises aient jamais hébergé. *A. oxyrinchus*, comme *A. sturio*, se nourrit principalement d'invertébrés prélevés dans le sédiment, au niveau des estuaires (Brosse *et al.* 2000, Brosse 2003, Mohler 2004). Dans le Golfe du Mexique, excepté pendant leur première année, les Esturgeons ne se nourrissent généralement pas en rivière. Leur impact sur la ressource des écosystèmes dulçaquicoles est donc négligeable. En revanche, les quelques 200 000 à 500 000 œufs déposés par chaque femelle sont une source de nourriture non négligeable pour les poissons et les larves d'insectes aquatiques (Sulak & Randall 2008).

Conclusion

Les Grandes Mulettes du bassin méditerranéen peuvent bénéficier de la présence de la blennie fluviatile pour se reproduire. Toutefois, on constate que leur disparition a été très rapide et il n'est pas sûr que ce poisson permette effectivement leur préservation à long terme. Les Grandes Mulettes du bassin versant Atlantique, en revanche, semblent aujourd'hui orphelines. Nous considérons ici que la disparition de l'Esturgeon européen, poisson-hôte de la Grande Mulette, a entraîné un phénomène d'extinction en cascade. La perte de fonctionnalité de l'écosystème aurait induit une perte de biodiversité. Nous proposons la réintroduction de l'Esturgeon de l'Atlantique, (i) pour restaurer la biodiversité originelle, (ii) pour sauver les Grandes Mulettes du bassin versant atlantique de l'extinction. Un programme de réintroduction de l'Esturgeon de l'Atlantique en France serait relativement aisé à mettre en œuvre en s'appuyant d'une part, sur les stocks importants présents aux Etats-Unis (Waldman 1998, USFS 2009), d'autre part sur les expérimentations en cours en Europe et enfin sur les connaissances acquises sur son élevage en conditions artificielles (Richardson 2006). Enfin, nous pensons proposer une approche novatrice. En effet, en rassemblant les données de l'archéozoologie et de la biologie de la conservation, il apparaît possible de rétablir des écosystèmes pleins, avec toutes leurs composantes, et notamment les espèces « clef de voûte », afin de garantir le retour à une fonctionnalité totale.

Remerciements — Jean ALLARDI a relu et apporté des commentaires constructifs à une version préliminaire du manuscrit.

Références

- Altaba, C. R. 1990. The Last Known Population of the Freshwater Mussel *Margaritifera auricularia* (Bivalvia, Unionoidea): A Conservation Priority. *Biological Conservation*, 52 : 271-286.
- Altaba, C. R., Lopez, M. A. & Montserrat, S. 2001. Giant pearl mussel's last chance. in: Bauer, G. [Ed] *Die Flussperlmuschel in Europa: Bestandssituation und Schutzmaßnahmen. Ergebnisse des Kongresses vom 16-18.19.2000*. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg & Wasserwirtschaftamt Hof., Freiburg : 224-229.
- Araujo, R. & M. A. Ramos 2001. Life-history data on the virtually unknown *Margaritifera auricularia* in G. Bauer & K. Wächtler. *Ecology and evolution of the freshwater mussels Unionoidea*. Berlin, Heidelberg, Springer-Verlag : 143-152.
- Araujo, R. 2004. Two overlooked host fish species of *Margaritifera auricularia* (Bivalvia, Unionoidea, Margaritiferidae). *Basteria*, 67 (4-6) : 113.
- Araujo, R., Bragado, D. & Ramos, M. A. 2001. Identification of the river blenny, *Salarias fluviatilis*, as a host to the glochidia of *Margaritifera auricularia*. *Journal of Molluscan Studies*, 67 : 128-129.
- Araujo, R., Quirós, M. & Ramos, M. A. 2003. Laboratory propagation and culture of juveniles of the endangered freshwater mussel *Margaritifera auricularia* (Spengler, 1793). *Journal of Conchology*, 38 (1) : 53-61.
- Araujo, R. & Ramos, M. A. 1998a. Description of the glochidium of *Margaritifera auricularia* (Spengler 1793) (Bivalvia, Unionoidea). *Royal Society Philosophical Transactions Biological Sciences*, 353 (1375) : 1553-1559.
- Araujo, R. & Ramos, M. A. 1998b. *Margaritifera auricularia* (Unionoidea, Margaritiferidae), the giant freshwater pearl mussel rediscovered in Spain. *Graellsia*, 54 : 129-130.
- Arlati, G., Poliakov, L. & Granata, A. 2001. Experience over the ichthyofaunal restocking of the autochthonous sturgeon cobice (*Acipenser naccarii*) in the Lombardia Region waters. In: 4th International Symposium on Sturgeon, Oshkosh, WI. Poster.
- Artyukhin, E. & Vecsei, P. 2007. On the status of Atlantic sturgeon: conspecificity of European *Acipenser sturio* and North American *Acipenser oxyrinchus*. *Journal of applied ichthyology*, 15 (4-5) : 35-37.
- Barlow, C. C. 2000. *The ghosts of evolution: nonsensical fruits, missing partners and other ecological anachronisms*. Basic New York : 291 pp.
- Billard, R. 1997. *Les Poissons d'eau douce des rivières de France*. Delachaux et Niestlé, Lausanne : 192 pp.
- Birstein, V. J. 1993. Sturgeons and paddlefishes: threatened fishes in need of conservation. *Conservation Biology*, 7 (4) : 774-787.
- Birstein, V. J., Bemis, W. E. & Waldman, J. R. 1995. The threatened status of acipenseriform fishes: a summary. in: V.J. Birstein, W.E.B.R.W. [Ed] *Sturgeon Biodiversity and Conservation*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London : 427-435.
- Birstein, V. J., Bemis, W. E. & Waldman, J. R. 1997. The threatened status of acipenseriform species: a summary. *Environmental Biology of Fishes*, 48 : 427-435.
- Birstein, V. J. & Doukakis, P. 2000. Molecular analysis of *Acipenser sturio* L., 1758 and *Acipenser oxyrinchus* Mitchill, 1815: A review. *Bolín Instituto Español de Oceanografía*, 16 (1-4) : 61-73.
- Bloesch, J., T. Jones, Reinartz, R. & Striebel, B. 2006. An action plan for the conservation of sturgeons (acipenseridae) in the Danube River Basin. *Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft*, 58 (5-6) : 81-88.
- Boisset L. 1948. *Poissons des rivières de France*. Librairie des Champs-Élysées éditions, Paris : 148 pp.
- Borer, E. T., Seabloom, E. W., Shurin, J. B., Anderson, K. E., Blanchette, C. A., Broitman, B., Cooper, S. D. & Al., E. 2005. What determines the strength of a trophic cascade? *Ecology*, 86 : 528-537.
- Brosse, L., É. Rochard, P. Dumont & M. Lepage 2000. Premiers résultats sur l'alimentation de l'Esturgeon européen, *Acipenser sturio*, dans l'estuaire de la Gironde. Comparaison avec la faune benthique. *Cybium*, 24 (3) : 49-61.
- Brosse, L. 2003. Caractérisation des habitats des juvéniles d'Esturgeon européen, *Acipenser sturio*, dans l'estuaire de la Gironde : Relations trophiques, hiérarchisation et vulnérabilité des habitats. U.F.R. Sciences de la vie et de la terre. Cestas, Université Paul Sabatier : 262 pp.
- Brosse, L., Berrebi, P., Desse-Berset, N. & Lepage, M. 2009. Sturgeon Recovery Plan in the Rhône River (France). Preliminary Results on Species Determination and Habitat Suitability. in: Netherlands, S. [Ed] *Biology, Conservation and Sustainable Development of Sturgeons*. Ramón Carmona, Alberto Domezain, Manuel García-Gallego, José Antonio Hernando, Fernando Rodríguez, Manuel Ruiz-Rejón, 29 : 403-421.
- Brosse, L., Desse-Berset, N., Berrebi, P., Lepage, M. & Menella, J.-Y. 2005. Étude de la faisabilité de la réintroduction de l'Esturgeon dans le bassin du Rhône. Rapport d'étape Phase I Arles, Association Migrateurs-Rhône-Méditerranée : 46 pp.
- Bruch, R. M. 1999. Management of lake sturgeon on the Winnebago System - long term impacts of harvest and regulations on population structure. *Journal of Applied Ichthyology-Zeitschrift Fur Angewandte Ichthyologie*, 15 (4-5) : 142-152.
- Clout, M. 1995. Introduced Species: The Greatest Threat to Global Biodiversity. *Species*, 24 : 34-36.
- Cochet, G. 2001. Redécouverte d'une population vivante de la Grande Mulette, *Margaritifera auricularia*, sur la Vienne et la Creuse. *Recherches Naturalistes en Région Centre*, 10 : 3-16.
- Cochet, G. 2004. *La Moule perlière et les náyades de France. Histoire d'une sauvegarde*. Catiche production, Nohanent : 32 pp.
- Cochet, G. 2007. Barrage effacé... Biodiversité retrouvée. *Le courrier de la Nature*, 232 : 29-34.
- Cochet, G. 2010. *Fleuves et rivières sauvages au fil des réserves naturelles de France*. Delachaux & Niestlé, Paris : 192 pp.
- Darlet, M. & Prioux, G. 1950. L'Esturgeon et le caviar français. *Bulletin Français de Pisciculture*. 158 : 5-13.
- Davis, W., Christian, A. & Berg, D. 2000. Nitrogen and phosphorus cycling by freshwater mussels in a headwater stream ecosystem. in: Tankersley, R.A., Warmolts, D.L., Watters, G.T., Armitage, B.J., Johnson, P.D. & Butler, R.S. [Eds]. *Freshwater Mollusk Symposium Proceedings, Part II*. Ohio Biological Survey Special Publication, Columbus : 141-151.
- De La Herran, R., Robles, F., Martínez-Espin, E., Lorente, J. A., Rejon, C. R., Garrido-Ramos, M. A. & Rejon, M. R. 2004. Genetic identification of western Mediterranean sturgeon and its implication of conservation. *Conservation Genetics*, 5 : 545-551.
- Desse-Berset, N. 2009. First archaeological identification of Atlantic sturgeon (*Acipenser oxyrinchus* Mitchill 1815) in France. *Comptes Rendus Palevol*, 8 (8) : 717-724.

- Desse-Berset, N., Pagès, M., Brosse, L., Tougard, C., Chassaing, O., Hänni, C. & Al., E. 2008. Specific identification of the extinct population of sturgeon from the Rhône River by mtDNA analysis from bone remains (Jardin d'Hiver, Arles, France, 6th to 2nd century BC). in: P. Béarez, S.G., B. Clavel [Ed] *Archéologie du poisson. Trente ans d'archéo-ichtyologie au CNRS, Hommage aux travaux de Jean Desse et Nathalie Desse-Berset. XVIIIe rencontres internationales d'archéologie et d'histoire*, Antibes: 195-200.
- Devin, S., Beisel, J.-N., Usseglio-Polatera, P. & Moreteau, J.-C. 2005. Changes in functional biodiversity in an invaded freshwater ecosystem: the Moselle River. *Hydrobiologia*, 542 (1) : 113-120.
- Donlan, C. J., Berger, J., Bock, C. E., Bock, J. H., Burney, D. A., Estes, J. A., Foreman, D., Martin, P. S., Roemer, G. W., Smith, F. A., Soulé, M. E. & Greene, H. W. 2006. Pleistocene Rewilding: An optimistic agenda for twenty-first century conservation. *The American Naturalist*, 168 (5) : 661-681.
- Donlan, C. J., Greene, H. W., Berger, J., Bock, C. E., Bock, J. H., Burney, D. A., Estes, J. A., Foreman, D., Martin, P. S., Roemer, G. W., Smith, F. A. & Soulé, M. E. 2005. Re-wilding North America. *Nature*, 436 : 913-914.
- Duke, S., Anders, P., Ennis, G., Hallock, R., Hammond, J., Ireland, S., Lauffle, J., Lauzier, R., Lockhard, L., Marotz, B., Paragamian, V. L. & Westerhof, R. 1999. Recovery plan for Kootenai River white sturgeon (*Acipenser transmontanus*). *Journal of Applied Ichthyology-Zeitschrift Fur Angewandte Ichthyologie*, 15 (4-5) : 157-163.
- Elliott, P., Aldridge, D. C. & Moggridge, G. D. 2008. Zebra mussel filtration and its potential uses in industrial water treatment. *Water research*, 42 : 1664-1674.
- Fontana, F., Lanfredi, M., Kirschbaum, F., Garrido-Ramos, M. A., Robles, F., Forlani, A. & Congiu, L. 2008. Comparison of karyotypes of *Acipenser oxyrinchus* and *A. sturio* by chromosome banding and fluorescent *in situ* hybridization. *Genetica*, 132 : 281-286.
- Foreman, D. 2004. *Rewilding North America: A vision for conservation in the 21st Century*. Island Press, Washington, Covelo, London : 295 pp.
- Hastie, L. C. & Young, M. R. 2001. Freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*) glochidiosis in wild and farmed salmonid stocks in Scotland. *Hydrobiologia*, 445 : 109-119.
- Hernando, J. A., Vasileva, E. D., Arlati, J., Vasilev V. P., Santiago J. A., Belysheva-Polyakova L., Domezain, A. & Soriguer, M. C. 1999. New evidence for a wider historical area of two species of European sturgeons: *Acipenser naccarii* and *Huso huso* (Acipenseridae). *Journal of Ichthyology*, 39 (9) : 841-845.
- Howard, J. K. & Cuffey, K. M. 2006. The functional role of native freshwater mussels in the fluvial benthic environment. *Freshwater Biology*, 51 : 460-474.
- IUCN 1996. *1996 Red List of Threatened Animals*. IUCN, Gland Switzerland : 368 pp.
- IUCN 1998. Guidelines for re-introduction. Group, I.S.R.-I.S. Gland, Switzerland & Cambridge, UK : 10 pp.
- IUCN 2009. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2010.1. <www.iucnredlist.org>, consulté le 03 février 2010.
- Janzen, D. H. & Martin, P. S. 1982. Neotropical anachronisms: the fruits the Gomphoteres ate. *Science*, 215 : 19-27.
- Keith, P. & Allardi, J. 2001. Atlas des poissons d'eau douce de France. *Patrimoines Naturels*, 47 : 1-387.
- Kirschbaum, F. & Gessner, J. 2000. Re-establishment program for *Acipenser sturio* L. 1758: the German approach. *Boletín Instituto Espanol de Oceanografía*, 16 : 149-156.
- Kirschbaum, F., Wuertz, S., Williot, P., Tiedemann, R., Gerd-Michael, A., Anders, E., Krüger, A., Bartel, R. & Gessner, J. 2009. Prerequisites for the Restoration of the European Atlantic Sturgeon, *Acipenser sturio* and the Baltic Sturgeon (*A. oxyrinchus* × *A. sturio*) in Germany. in: Ramón Carmona, A.D., Manuel García-Gallego, José Antonio Hernando, Fernando Rodríguez, Manuel Ruiz-Rejón [Ed] *Biology, Conservation and Sustainable Development of Sturgeons*. Springer Netherlands, 29 : 385-401.
- Koh, L. P., Dunn, R. R., Sodhi, N. S., Colwell, R. K., Proctor, H. C. & Smith, V. S. 2004a. Species Coextinctions and the Biodiversity Crisis. *Science*, 305 (5690) : 1632-1634.
- Koh, L. P., Sodhi, N. S. & Brook, B. W. 2004b. Co-Extinctions of Tropical Butterflies and their Hostplants. *Biotropica*, 36 (2) : 272-274.
- Kottelat, M. & Freyhof, J. 2007. *Handbook of european freshwater fishes*. Berlin : 646 pp.
- Lamont, B. B. & Klinkhamer, P. G. L. 1993. Population size and viability. *Nature*, 362 : 211.
- Lara, G., Contreras, A. & Encina, F. 2000. La almeja de agua dulce *Diplodon chilensis* (Bivalvia : Hyriidae) potencial biofiltro para disminuir los niveles de coliformes en pozos. Experimento de laboratorio. *Gayana (Concepc.)*, 66 (2) : 113-118.
- Lochet, A., Lambert, P., Lepage, M. & Rochard, É. 2004. Croissance de juvéniles d'Esturgeons européens *Acipenser sturio* (Acipenseridae) sauvages et issus d'alevinage, durant leur séjour dans l'estuaire de la Gironde (France). *Cybius*, 28 (1 suppl.) : 91-98.
- Lopez, M. A., Altaba, C. R., Rouault, T. & Gisbert, E. 2007. The European sturgeon *Acipenser sturio* is a suitable host for the glochidia of the freshwater pearl mussel *Margaritifera auricularia*. *Journal of Molluscan Studies*, 73 : 207-209.
- Ludwig, A., Arndt, U., Lippold, S., Benecke, N., Debus, L., King, T. L. & Matsumura, S. 2008. Tracing the first steps of American sturgeon pioneers in Europe. *BMC evolutionary Biology*, 8 : 221.
- Ludwig, A., Debus, L., Lieckfeldt, D., Wirgin, I., Benecke, N., Jenneckens, I., Williot, P., Waldman, J. & Pitra, C. 2002. When the American sea sturgeon swam east. *Nature*, 419 : 447-448.
- Magnin, E. 1959. Répartition actuelle des acipenseridés. *Revue des Travaux de l'Institut scientifique des Pêches maritimes*, 23 (3) : 277-285.
- Mcdowall, R. M. 1987. The occurrence and distribution of diadromy among fishes. *American Fishery Society Symposium*, 1 : 286-297.
- Mcivor, A. L. 2004. Freshwater mussels as biofilters. Pembroke college. Cambridge, University of Cambridge : 142 pp.
- Mohler, J.W. 2004. Culture manual for the Atlantic sturgeon *Acipenser oxyrinchus oxyrinchus*. U.S. Fish and Wildlife Service : 70 pp.
- Muus, B. J. 1999 *Freshwater fish*. Scandinavian Fishing Year Book Hedehusene, Denmark : 224 pp.
- Muus, B. J. & Dahlström, P. 1968 *Süßwasserfische*. BLV Verlagsgesellschaft, München : 224 pp.
- Neves, R. J. 2004. Propagation of endangered freshwater mussels in North America. *Journal of Conchology, special publication*, 3 : 69-80.
- Olivieri, I. & Vitalis, R. 2001. La Biologie des extinctions. *médecine/sciences*, 17 (1) : 63-69.
- Pagès, M., Desse-Berset, N., Tougard, C., Brosse, L., Hänni, C. & Berrebi, P. 2009. Historical presence of the sturgeon *Acipenser sturio* in the Rhône basin determined by the analysis of ancient DNA cytochrome b sequences. *Conservation Genetics*, 10 : 217-224.
- Peng, Z., Ludwig, A., Wang, D., Diogo, R., Weic, Q. & He, S. 2007. Age and biogeography of major clades in sturgeons and paddlefishes (Pisces: Acipenseriformes). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 42 (3) : 854-862.
- Phelps, H. L. 1994. The asiatic clam (*Corbicula fluminea*) invasion and system-level ecological change in the Potomac River Estuary near Washington, D.C. *Estuaries*, 17 : 614-621.

- Prié, V., Cochet, G. & Philippe, L. 2008a. La Grande Mulette *Margaritifera auricularia* dans l'Oise - Chronique d'une mort annoncée. *Le Courrier de la Nature*, 239 : 20-24.
- Prié, V., Cochet, G., Philippe, L., Rethoret, H. & Filali, R. 2008b. Une population majeure de la très rare Grande Mulette *Margaritifera auricularia* (Spengler 1793) (Bivalvia : Margaritiferidae) dans le fleuve Charente (France). *MalaCo*, 5 : 230-239.
- Richardson, B., Stence, C., Baldwin, M. & Mason, C. 2006. Development of a captive brood stock program for Atlantic sturgeon (*Acipenser oxyrinchus*) in Maryland. 2006 Progress Report for U.S. Fish & Wildlife Service State Wildlife Grant Funding, T-3. Funding, U.S.F.W.S.S.W.G. Annapolis, Maryland, Maryland Department of Natural Resources : 40 pp.
- Rochard, E., Castelnaud, G. & Lepage, M. 1990. Sturgeon (Pisces: Acipenseridae); threats and prospects. *Journal of Fish Biology*, 37 (Suppl. A) : 123-132.
- Rochard, E., Lepage, M., Dumont, P., Tremblay, S. & Gazeau, C. 2001. Downstream Migration of Juvenile European Sturgeon *Acipenser sturio* L. in the Gironde Estuary. *Estuaries*, 24 (1) : 108-115.
- Rosenthal, H. 2004. Projet Sturio : vers un Plan d'Action Européen pour la conservation de l'Esturgeon. WWF. Neu Wulmstorf : 5 pp.
- Soto, D. & Mena, G. 1999. Filter feeding by the freshwater mussel *Diplodon chilensis* as a biocontrol of salmon farming eutrophication. *Aquaculture*, 171 : 65-81.
- Soulé, M. E., Estes, J. A., Berger, J. & Rio, C. M. D. 2003. Ecological effectiveness: conservation goal for interactive species. *Conservation Biology*, 17 : 1238-1250.
- Soulé, M. E., Estes, J. A., Miller, B. & Honnold, D. L. 2005. Strongly interactive species: conservation policy, management and ethics. *BioScience*, 55 : 168-176.
- Stabile, J., Waldman, J. R., Parauka, F. & Wirgin, I. 1996. Stock Structure and Homing Fidelity in Gulf of Mexico Sturgeon (*Acipenser oxyrinchus desotoi*) Based on Restriction Fragment Length Polymorphism and Sequence Analyses of Mitochondrial DNA. *Genetics*, 144 : 767-775.
- Sulak, K. J. & Randall, M. 2008. The Gulf Sturgeon in the Suwanee river: Questions and answers. Interior, U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey. 72 : 11 pp.
- Tiedemann, R., Information, C., Moll, K., Paulus, K. B., Scheer, M., Williot, P., Bartel, R., Gessner, J. & Kirschbaum, F. 2007. Atlantic sturgeons (*Acipenser sturio*, *Acipenser oxyrinchus*): American females successful in Europe. *Naturwissenschaften*, 94 (3) : 213-217.
- U.S. Fish and Wildlife Service (USFWS) & Gulf States Marine Fisheries Commission. 1995. Gulf sturgeon recovery plan. U.S. Fish and Wildlife Service and Gulf States Marine Fisheries Commission, Atlanta : 186 pp.
- U.S. Fish and Wildlife Service (USFWS) 2009. Gulf Sturgeon (*Acipenser oxyrinchus desotoi*). 5-Year Review: Summary and Evaluation. Services, U.S.F.A.W. Panama city, St. Petersburg, Florida, U.S. Fish and Wildlife Service, National Marine Fisheries Service : 49 pp.
- Wakeford, A. 2001. State of Florida conservation plan for Gulf sturgeon (*Acipenser oxyrinchus desotoi*). Florida Marine Research Institute : 100 pp.
- Waldman, J. R. & Wirgin, I. I. 1998. Status and Restoration Options for Atlantic Sturgeon in North America. *Conservation Biology*, 12 (3) : 631-638.
- Wilcox, B. A. & Murphy, D. D. 1985. Conservation strategy: the effects of fragmentation on extinction. *American Naturalist*, 125 : 879-887.
- Williot, P., Rochard, E., Rouault, T. & Kirschbaum, F. 2009. *Acipenser sturio* Recovery Research Actions in France, In: R. Carmona, et al. in: Ramón Carmona, A.D., Manuel García-Gallego, José Antonio Hernando, Fernando Rodríguez, Manuel Ruiz-Rejón [Ed] *Biology, Conservation and Sustainable Development of Sturgeons*. Springer Netherlands : 247-263.

Soumis le 27 janvier 2010 ;

Accepté le 28 mars 2010.

Adam, B. 2010. L'Anodonte chinoise *Sinanodonta woodiana* (Lea, 1834) (Mollusca, Bivalvia, Unionidae) : une espèce introduite qui colonise le bassin Rhône-Méditerranée. *MalaCo*, 6 : 278-287.
Article publié sur www.journal-malaco.fr (ISSN 1778-3941)

L'Anodonte chinoise *Sinanodonta woodiana* (Lea, 1834) (Mollusca, Bivalvia, Unionidae) : une espèce introduite qui colonise le bassin Rhône-Méditerranée

The Chinese pond mussel *Sinanodonta woodiana* (Lea, 1834) (Mollusca, Bivalvia, Unionidae): an alien species which colonize Rhône and Mediterranean basins (France)

Benjamin ADAM

Biotope, Agence Languedoc-Roussillon
22, Boulevard du Maréchal Foch, BP58, F-34140 Mèze

Correspondance : benjaminadam@free.fr

Résumé — L'anodonte chinoise, *Sinanodonta woodiana* (Lea, 1834) est une moule d'eau douce de grande taille originaire de l'est de l'Asie. Cette espèce fréquente les cours d'eau, les canaux lents et les étangs. Elle a été introduite en de nombreux endroits sur la planète via l'introduction de poissons porteurs de glochidies et a colonisé de nombreux bassins versants. Ses caractéristiques écologiques font d'elle une espèce compétitive et envahissante. Cet article présente la répartition originelle de l'Anodonte chinoise, ses caractéristiques morphologiques et son écologie ainsi qu'une synthèse sur ses introductions et colonisations dans le monde, en Europe et en France dans le bassin Rhône-Méditerranée. Une carte de répartition est proposée, intégrant des données bibliographiques et inédites. Enfin, des hypothèses de colonisation et les impacts sur les écosystèmes et les espèces autochtones sont discutés.

Mots clefs — *Sinanodonta woodiana*, Anodonte chinoise, Moule d'eau douce, espèce introduite, colonisation, France, bassin Rhône-Méditerranée, menace écologique

Abstract — The Chinese pond mussel, *Sinanodonta woodiana* (Lea, 1834) is a large freshwater mussel from East Asia. This species lives in ponds and slow flowing rivers and channels. It was introduced in many places on the planet, via the introduction of glochidium infested fishes, and colonized many catchment basins. Its ecological characteristics make it a competitive and invasive species. This paper first presents the original distribution of the Chinese pond mussel, its morphological characteristics and its ecology. Then it evaluates the situation of introductions and colonization in the world, in Europe and in France, in the Rhône and other Mediterranean basins. A distribution map is proposed, gathering bibliography and unpublished data. At last, colonization hypotheses and ecological threats on ecosystems and native species are discussed.

Keywords — *Sinanodonta woodiana*, Chinese pond mussel, Freshwater mussel, alien species, colonization, France, Rhône and Mediterranean basins, ecological threat

Introduction

Les espèces introduites envahissantes constituent l'une des plus importantes menaces pesant sur les espèces et les écosystèmes à l'échelle mondiale (ONU 2005, UICN 2009). Les milieux aquatiques continentaux, pour lesquels les introductions ont été et continuent d'être importantes et problématiques (Gherardi *et al.* 2007), sont particulièrement sensibles. Les bivalves d'eau douce ont particulièrement souffert de la dégradation des cours d'eau et des plans d'eau. La plupart des grandes espèces sont menacées à des degrés divers (UICN 2009, Machordom *et al.* 2003, Reis & Araujo 2007, Prié 2009). Toutefois, l'impact des introductions d'espèces allochtones sur la faune indigène reste mal connu en Europe, tandis que de nombreux travaux ont été effectués en Amérique du Nord (Strayer 2009).

Quatre espèces de bivalves ont été introduites récemment et se sont propagées de manière spectaculaire dans les cours d'eau et plans d'eau de France : la Moule zébrée *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771), les Corbicules avec *Corbicula fluminalis* (O.F. Müller, 1774) et *Corbicula fluminea* (O.F. Müller, 1774) et l'Anodonte chinoise *Sinanodonta woodiana* (Lea, 1834). Si les premières ont fait l'objet de travaux retraçant l'historique de leur invasion (Mouthon 1981, Nalepa & Schloesser 1992, Araujo *et al.* 1993, Phelps 1994, Fontan & Mény 1997, Swinnen *et al.* 1998, Aldridge & Müller 2001, Brancotte & Vincent 2001, 2002, Aldridge *et al.* 2004, Therriault *et al.* 2005), l'Anodonte chinoise reste mal connue en France.

Ainsi, après une présentation générale de l'espèce et une synthèse des données à l'échelle internationale, cet article fait le point sur sa présence en France dans le bassin Rhône-Méditerranée. Pour finir, des hypothèses de colonisation et les impacts potentiels de l'espèce sur les écosystèmes et les moules d'eau douces autochtones sont discutés.

Présentation de l'espèce

Répartition originelle et taxonomie

La répartition originelle de l'Anodonte chinoise s'étend de l'Est de la Russie (bassin de l'Amour et Ile de Sakhaline) au bassin du Yang-tsé-Kiang en Chine et intègre certaines îles japonaises (Girardi & Ledoux 1989, Popa & Popa 2006, Graf & Cummings 2010). Zhadin (1952), Dudgeon & Morton (1983), Kiss (1995) et Nagel & Badino (2001) classent l'espèce dans le genre *Anodonta*, tandis que Falkner *et al.* (2001) et Bogatov & Sayenko (2002) utilisent le nom de genre *Sinanodonta* qui est en cours actuellement. Deux sous-espèces sont reconnues (Girardi & Ledoux 1989, Graf & Cummings 2010). *S. woodiana woodiana* (Lea, 1834), qui est la plus répandue des deux, est présente dans les bassins de l'Amour et du Yang-tsé-Kiang (continent). *S. woodiana japonica* (von Martens in Clessin, 1874) est présente au Japon et dans les Iles Kouriles et Sakhaline (Nord du Japon, Est de la Russie).

À ce jour, les éléments bibliographiques ne permettent pas de dire si l'une des deux sous-espèces ou les deux sont présentes en Europe. Toutefois, des analyses génétiques effectuées en Pologne (Soroka 2006) montrent que les individus séquencés sont différents génétiquement. Cela suggère soit une colonisation massive par des individus présentant une importante diversité génétique, soient de multiples introductions d'Anodontes chinoises issues de masses d'eau différentes.

Caractéristiques morphologiques

L'Anodonte chinoise possède généralement une coquille de forme arrondie, fortement ventrue, renflée, épaisse et solide (Figures 1A, B, E et F). Des individus peuvent être de forme ovale/rhomboïde (Figure 1C). Le bord inférieur est très convexe. La longueur moyenne est d'environ 15 cm, néanmoins les individus de 20 cm ou plus sont courants. En Pologne, Kraszewski (2004, 2006) mentionne que les individus âgés de 10 ans atteignent 23/24 cm et 900 grammes dans des eaux réchauffées par le rejet d'une centrale électrique. Dans le Sud de l'Europe, des coquilles de 25 cm ont été trouvées : Etang des gravières (Girardi & Ledoux 1989), Italie (Niero 2003), fleuve Vidourle (observation personnelle 2008).

À l'intérieur, la coquille est généralement recouverte de nacre rosée (Figure 1D). Une fois l'animal mort cette caractéristique peut parfois disparaître à cause de l'érosion ou sous l'effet d'une exposition prolongée aux rayons du soleil (cas de coquilles exondées - observation personnelle). Le périostacum est de couleur très variable (Figures 1A, B, C et E), allant du brun noirâtre, au brun plus ou moins clair (jaunâtre), en passant par des bruns rougeâtres ou verdâtres. Certaines coquilles présentent des bandes vert sombre ou sont entièrement de cette teinte. Les stries sont bien marquées et, comparées aux espèces autochtones des genres *Anodonta* ou *Pseudanodonta*, fortement séparées les unes des autres indiquant une croissance très rapide.

Au niveau de l'umbo on peut noter 5 à 8 « vagues » ou « rides » très caractéristiques, car très marquées et distantes (elles se superposent aux stries d'accroissement plus fines). Celles-ci apparaissent souvent blanchâtres quand la coquille est érodée (Figure 1H). Enfin, sur les gros individus, on observe parfois des sortes de petits « sillons » perpendiculaires aux stries d'accroissement, rayonnant depuis l'umbo (Figure 1G).

Ecologie

L'Anodonte chinoise est une espèce qui fréquente les étangs, les bras morts, les cours d'eau lents et les canaux peu courants dont le niveau de trophie est souvent élevé. Elle préfère les fonds à la granulométrie fine (vase, sables, gravières) avec souvent des accumulations de matière organique. Une température moyenne de l'eau élevée est favorable, mais l'espèce est très tolérante comme le prouve sa présence en Suède. Elle est par ailleurs très résistante à la pollution de l'eau et à ses conséquences (Paunovic *et al.* 2006, 2008 ; Kraszewski & Zdanowski 2007 ; Von Proschwitz 2008 ; observations personnelles 2009).

Kraszewski & Zdanowski (2007) mentionnent qu'en Pologne les plus grandes agrégations sont observées entre 1,5 et 2,5 m de profondeur. La densité de population peut atteindre 60 individus au m² et la biomasse 25 kg. M⁻² ! En France, des observations ont été faites entre 0,3 et 6 m de profondeur (Prié 2010, comm. pers.).

Comme tous les unionidés, l'Anodonte chinoise a besoin de la présence de poissons pour accomplir son cycle biologique. En effet, après la fécondation les œufs donnent rapidement des larves, appelées glochidies, dont la coquille possède un crochet. Lorsqu'un poisson hôte "respire" et fait passer de l'eau contenant des glochidies dans ses branchies, celles-ci s'y fixent et s'y enkystent. Plus tard, la larve se transforme en jeune moule et se détache. Elle rejoint alors le substrat où elle va passer le reste de sa vie. Cette phase du cycle biologique permet la dissémination des juvéniles.

Un certain nombre d'espèces de poissons sont connues pour être les hôtes des glochidies. Parmi les principales (et originelles) on peut citer l'Amour blanc *Ctenopharyngodon idella* (Valenciennes, 1844), la Carpe à grosse tête *Aristichthys nobilis* (Richardson, 1845), la Carpe argentée *Hypophthalmichthys molitrix* (Valenciennes, 1844) ou l'Amour noir *Mylopharyngodon piceus* (Richardson, 1846) qui sont comme elle des espèces originaires de l'Est de l'Asie (Girardi 2002, Mienis 2003, Paunovic *et al.* 2006). Ce sont d'ailleurs ces « carpes chinoises » qui ont servi de vecteur d'introduction dans de nombreux pays. Ces poissons ont été introduits dans les piscicultures ou les étangs pour lutter contre l'envahissement par la végétation aquatique ou pour la pêche. Concernant les espèces asiatiques introduites en Europe, le *Pseudorasbora parva* (Temminck & Schlegel, 1846) est aussi susceptible de servir d'hôte mais de manière secondaire (Fukuhara *et al.* 1986).

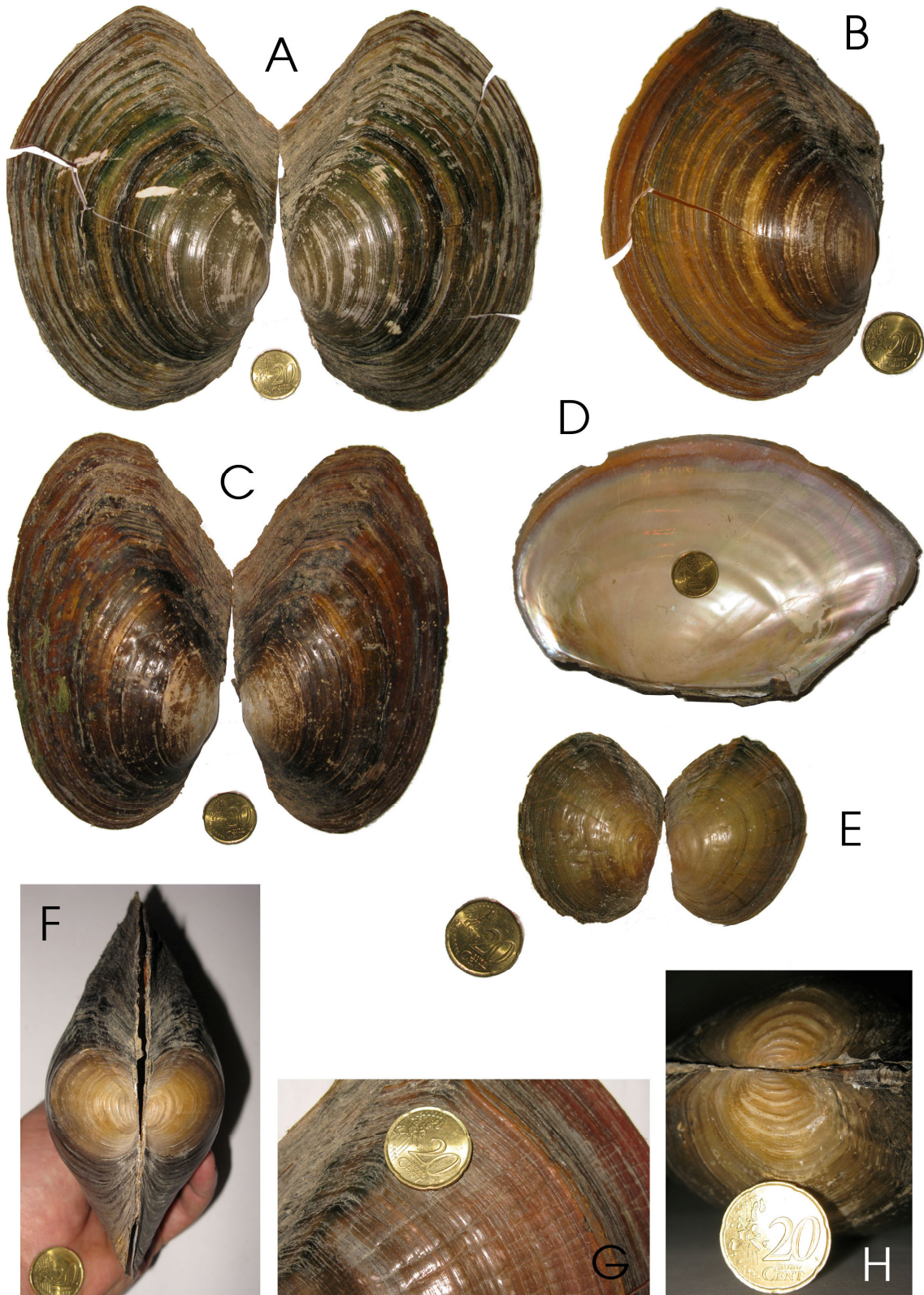


Figure 1 — Caractéristiques morphologiques de l'Anodonte chinoise. **A & B** adultes de forme classique, **C** adulte de forme ovale/rhomboïde, **D** adulte, intérieur des valves, **E** juvénile, **F** adulte, épaisseur des valves, **G** détail des petits « sillons » perpendiculaires aux stries d'accroissement, **H** détail de l'umbo avec ses « vagues » ou « rides ».

Enfin, parmi les espèces de la faune européenne, certaines sont des hôtes avérés ou très probables des glochidies de l'Anodonte chinoise. Il s'agit de la Carpe commune *Cyprinus carpio* Linnaeus 1758, de la Tanche *Tinca tinca* (Linnaeus, 1758), des carassins *Carassius* spp. et des bouvières *Rhodeus* spp. (Watters 1997, Mienis 2002, 2003, Beran 2008). Si l'on ajoute à cela que la Gambusie *Gambusia holbrooki* Girard, 1859 et même des espèces de Cichlidés peuvent être des poissons hôtes (Dugeon & Morton 1984, Watters 1997), il peut être conclu sans trop de risque que l'Anodonte chinoise n'est

pas très exigeante et qu'un grand nombre d'espèces de poissons sont susceptibles d'être utilisées pour l'accomplissement de son cycle biologique. Dudgeon & Morton (1983) mentionnent même que les glochidies pourraient ne pas être spécifiques à un (des) hôte(s) et que n'importe quelle espèce de poisson pourrait être parasitée.

Concernant la reproduction, Dudgeon & Morton (1983) indiquent qu'à Hong-Kong la reproduction a lieu de mai à août (principalement en juin et juillet) et que 2 à 3 émissions de larves peuvent avoir lieu. Les glochidies parasitent les poissons de 5 à 15 jours en fonction de la température de l'eau. Toujours selon Dugeon & Morton (1983) les individus vivent entre 12 et 14 ans. Cela est cohérent avec Kraszewski (2004) qui mentionne que les plus gros individus sont âgés de 10 ans en Pologne.

Historique des introductions et expansion de l'espèce

L'*Anodonte* chinoise a été introduite involontairement par l'Homme en Asie du Sud-Est, en Amérique centrale, aux Caraïbes et en Europe. En Asie du Sud-est, l'espèce est notamment présente au Cambodge, en Thaïlande, en Malaisie péninsulaire et à Bornéo, à Singapour, dans le Sud de la Chine (Hong-Kong, Taïwan...) et en Indonésie (Zhadin 1952, Dugeon & Morton 1983, Bogan & Schilthuizen 2004, Chan 2008). En Amérique centrale et dans les Caraïbes l'*Anodonte* chinoise a été introduite au Costa-Rica et en République Dominicaine (Gomez *et al.* 1986, Watters 1997).

En Europe, les premières mentions proviennent de Hongrie et de Roumanie (Petro 1984, Sarkany-Kiss 1986) où l'*Anodonte* chinoise a été introduite au début des années 1960 (Kiss & Pekli 1988 ; Kiss & Petro 1992 ; Kiss 1995). L'origine de l'introduction est l'importation pour la pisciculture de poissons porteurs de glochidies en provenance du bassin de l'Amour et du Yang-tsé-Kiang (Girardi & Ledoux 1989).

Depuis les années 1960, l'espèce a colonisé de nombreux pays à partir de ses foyers initiaux via le réseau hydrographique du Danube et a été introduite de nouveau accidentellement. Début 2010, elle est présente de façon certaine dans 19 pays (Figure 2). Il s'agit de l'Allemagne (Reichling 1999, Glöer & Zeittler 2005), de l'Autriche (Frank 1987, Reischütz 1998, Edlinger & Daubal 2000), de la Belgique (Sablon 2002, Keppens & Mienis 2003, 2004, Packet *et al.* 2009a,

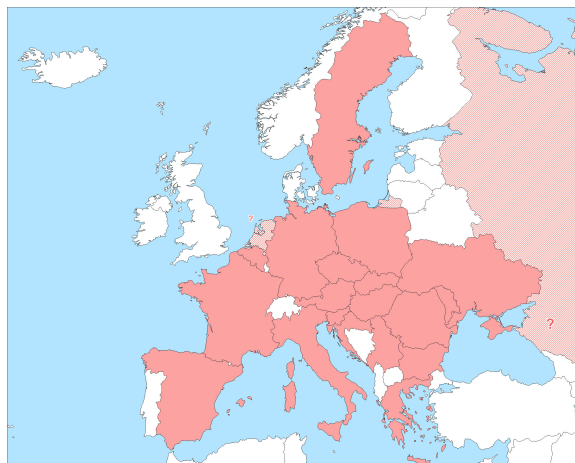


Figure 2 — Localisation des pays européens où l'*Anodonte* chinoise est présente en 2010.

2009b), de la Bulgarie (Hubenov 2006), de la Croatie (Paunovic *et al.* 2006), de l'Espagne (Pou-Rovira *et al.* 2009), de la France (Girardi & Ledoux 1989, Girardi 1989, Girardi 1990, Girardi 2000, Girardi 2002, Mouthon 2008), de la Grèce (Albrecht *et al.* 2006, Reischütz *et al.* 2008a, 2008b), de la Hongrie (Petro 1984, Kiss & Pekli 1988, Kiss & Petro 1992, Kiss 1995), de l'Italie (Manganelli *et al.* 1998, Lodde *et al.* 2005, Cianfanelli *et al.* 2007, Cappelletti *et al.* 2009), de la Moldavie (Munjiu & Shubernetski 2008), de la Pologne (Bohme 1998, Kraszewski & Zdanowski 2001, 2007, Afanasjev *et al.* 2001, Yuryshynets & Krasutska 2009), de la République Tchèque (Beran 1997, 2008, Novak 2004), de la Roumanie (Sarkany-Kiss 1986, Popa & Popa 2006, Popa *et al.* 2007), de la Serbie (Paunovic *et al.* 2005, 2006), de la Slovaquie (Kosel 1995, Halgos 1999, Cejka *et al.* 2006), de la Slovénie (Cianfanelli *et al.* 2007), de la Suède (Von Proschwitz 2008) et de l'Ukraine (Jurishinec & Korniyushin 2001, Urishients & Korniyushin 2001, Yuryshynets & Krasutska 2009).

Sa présence est probable au moins à court terme dans 21 pays. En effet, même si l'espèce n'a jamais été trouvée en milieu naturel aux Pays-Bas, elle est vendue dans des animaleries et jardineries comme « filtre biologique » (Mienis 2010, comm. pers.) et elle est présente dans la Flandre belge non loin de la frontière entre les deux pays (Packet *et al.* 2009a, 2009b). En outre, l'*Anodonte* chinoise n'est pas citée de la partie européenne de la Russie. Or, après la seconde guerre mondiale, comme en Hongrie et Roumanie, des poissons en provenance du bassin de l'Amour ont été importés pour la pisciculture (Girardi & Ledoux 1989, Popa & Popa 2006). Ainsi, l'espèce pourrait être présente dans certains affluents russes de la Mer Noire comme le Don, notamment vers Krasnodar où des piscicultures sont présentes.

Il apparaît peu pertinent de retracer l'historique de la colonisation de l'Europe à l'aide de la seule bibliographie étant donné le manque de connaissances disponibles pour certains pays, les contradictions concernant les dates d'introduction de l'espèce et à cause des introductions successives.

La France a été le premier pays d'Europe de l'Ouest où l'espèce est apparue. L'*Anodonte* chinoise a été introduite en 1982 lors de l'importation de carpes communes et d'amours blancs en provenance d'une pisciculture de Hongrie, très probablement la pisciculture de Szarvas (Girardi & Ledoux 1989). L'espèce a été introduite dans la pisciculture de l'étang des Gravières (commune de Fontvieille, Bouches-du-Rhône, près d'Arles) où sa prolifération a été remarquée par le propriétaire dès 1985. En 1986, lors des premières observations de Girardi & Ledoux (1989), la population était déjà très importante avec de très nombreux individus de toutes tailles.

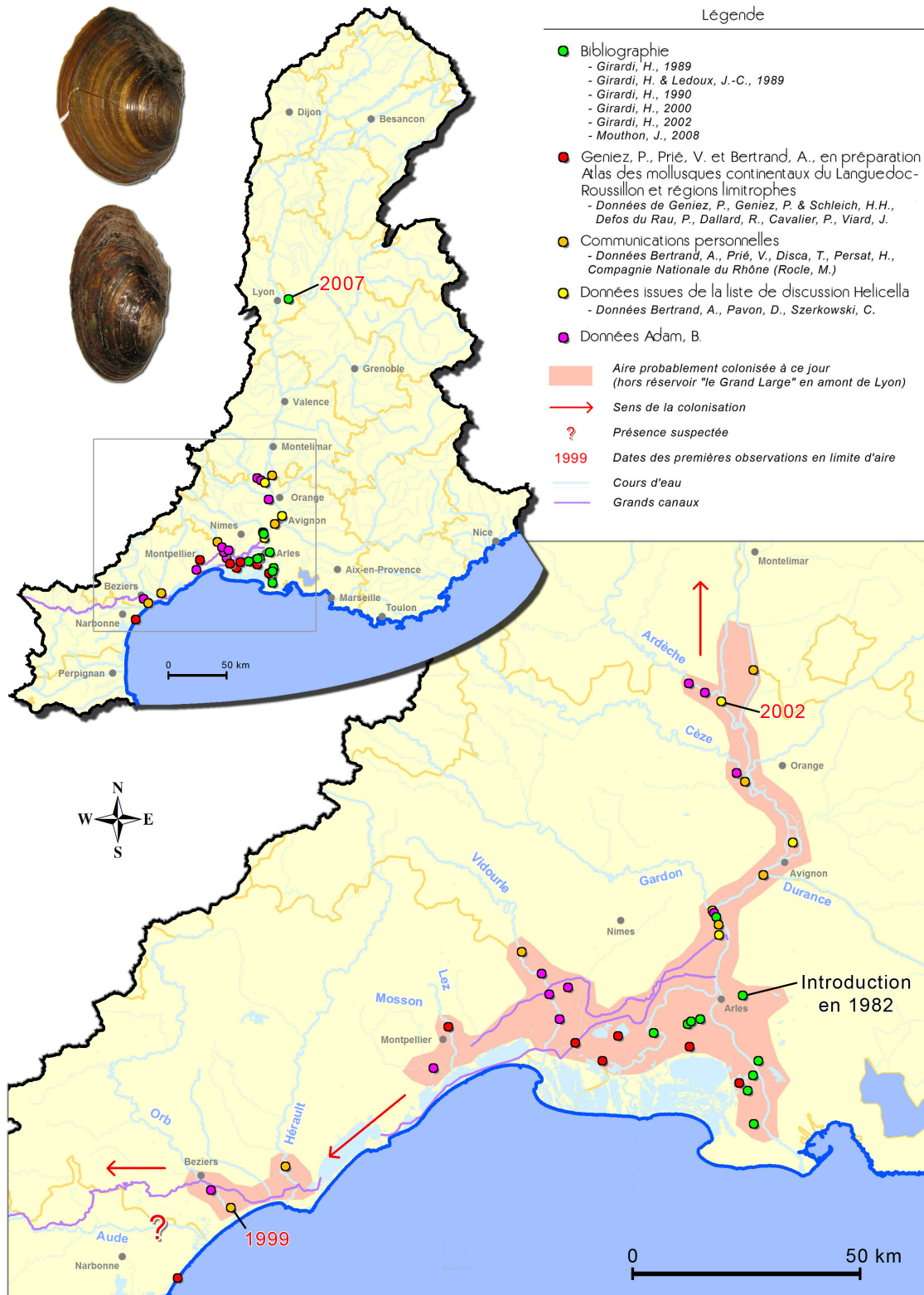


Figure 3 — Localisation des observations d'Anodonte chinoise sur le bassin Rhône-Méditerranée et aire probablement colonisée par l'espèce en 2010.

La première mention en eau libre date de 1989 (Girardi 1989). Deux individus de 90 et 95 mm ont été trouvés en plongée dans le canal de navigation d'Arles au port de Fos-sur-mer (canal d'Arles à Bouc) au niveau de Mas Thibert au Sud d'Arles. Girardi (2000) notera l'espèce sur le Gardon au niveau de la confluence avec le Rhône puis de plusieurs localités en Camargue (Girardi 2002). Enfin, l'espèce a été découverte en 2007 dans un réservoir eutrophe en amont de Lyon (Mouthon

2008). De nombreux signalements supplémentaires existant, il est apparu intéressant de les synthétiser et de définir l'aire colonisée par l'Anodonte chinoise connue à ce jour.

En 2010, les limites de l'aire colonisée par l'espèce sur le bassin Rhône-Méditerranée sont : pour le Nord le « Grand Large » en amont de Lyon (Mouthon 2007) mais il n'existe pas de données de présence entre ce réservoir eutrophe et l'aval des barrages de Donzère sur le Rhône ; pour le Sud-est les marais et canaux présents le long du Grand Rhône au Sud d'Arles ; pour l'Ouest le fleuve Orb. Des données semblent indiquer que l'espèce est présente plus à l'Ouest, dans le Canal du Midi et le fleuve Aude. En effet, la découverte d'une coquille sur une plage au droit de Narbonne par J. Viard en 2001 (Atlas des mollusques continentaux du Languedoc-Roussillon et régions limitrophes, en préparation) laisse penser que l'espèce est présente dans le fleuve Aude dont l'estuaire est situé moins de 10 kilomètres au Nord. Ceci est d'autant plus crédible que la coquille, d'une taille adulte avec ses 2 valves, a été trouvée après un coup de mer.

Discussion

La colonisation du Rhône et des parties aval de certains de ses affluents jusqu'à Donzère, des eaux douces de Camargue et Petite Camargue ainsi que de la partie aval du fleuve Vidourle est facilement compréhensible. En effet, il n'existe pas de discontinuités majeures entre ces milieux aquatiques et les poissons porteurs de glochidies peuvent s'y déplacer librement. Cette colonisation ne semble toutefois pas avoir été particulièrement rapide comme cela a été parfois le cas en Europe de l'Est ou pour les Corbicules ou la Moule zébrée en France. Elle a eu lieu en moins de 20 ans puisque des données situées en périphérie de cette zone datent des environs de 2000. A titre de comparaison, l'ensemble du cours roumain du Danube a été colonisé par l'Anodonte chinoise en environ 10 ans (Popa *et al.* 2008), les Corbicules ont colonisé une grande partie des grands bassins hydrographiques français en une vingtaine d'années et la Moule zébrée a mis un peu moins de trente ans pour se propager du nord au Sud de la France (Mouthon 2000).

Toujours concernant cette colonisation, il faut souligner le rôle des canaux en tant que voie de pénétration dans les milieux naturels -canaux d'irrigation, de drainage, de navigation- et en particulier le canal du Rhône à Sète qui a pu permettre à l'espèce de sortir du bassin du Rhône pour rejoindre le bassin du Vidourle. Notons que les canaux ont aussi joué un rôle prépondérant dans la propagation des Corbicules et de la Moule zébrée (Mouthon 2000). A l'inverse, les barrages et les seuils limitent les possibilités de déplacement des poissons et ont de fait limité l'expansion de l'Anodonte chinoise, comme cela a été noté sur la Cèze. Sur cette rivière il existe en amont de seuils infranchissables pour les poissons des milieux favorables à l'espèce qui n'ont pas été colonisés.

Concernant les bassins versants situés à l'Ouest du Vidourle (Lez-Mosson, Hérault et Orb) la colonisation par dispersion via les poissons d'eau douce empruntant les canaux reliant les bassins versant ne semble pas possible : les étangs situés au Sud de Montpellier et l'étang de Thau, reliant le Canal du Rhône à Sète au Canal du Midi, sont très saumâtres ou salés. Malgré cela, plusieurs hypothèses de colonisation sont envisageables. Soit des poissons porteurs de glochidies ont été introduits dans les bassins du Lez, de l'Hérault et/ou de l'Orb (reliés par le Canal du Midi), soit les bassins versants situés à l'ouest du Vidourle ont été colonisés à partir des populations présentes sur le Vidourle et/ou en Petite Camargue. Dans cette deuxième hypothèse, les glochidies auraient eu à traverser des zones très saumâtres ou salées. Deux vecteurs sont envisageables, soit les eaux de ballast des bateaux, vecteur important d'espèces invasives, (voir Drake & Lodge 2007, sur les Grands Lacs d'Amérique du Nord), soit les poissons euryhalins (qui supportent de grandes variations de salinité). La tolérance temporaire de la salinité par les glochidies enkystées est connue par exemple chez la Mulette perlière (Purser 1988). Dans ce cas, différents Mulets *Chelon labrosus* (Risso, 1827), *Liza aurata* (Risso, 1810), *Liza ramada* (Risso, 1810), *Mugil cephalus* Linnaeus, 1758 seraient de bons candidats pour être les vecteurs de l'espèce à travers les étangs.

Enfin, s'ils ne sont pas déjà colonisés par l'espèce, le Canal du Midi et le fleuve Aude le seront très probablement dans un avenir proche à partir de l'Orb (milieux favorables à l'espèce qui sont connectés). Pour le Rhône, l'existence d'une population isolée en amont de Lyon suggère deux hypothèses. Soit l'Anodonte chinoise a colonisé le cours du Rhône en amont de Donzère et a dépassé Lyon. Le réservoir du Grand Large aurait été colonisé depuis le Rhône puisque les deux sont en connexion ; soit sa colonisation a été limitée à l'amont de la confluence de l'Ardèche en raison de la présence des barrages de Donzère sur le Rhône qui ne sont pas franchissables par les poissons et la population du Grand Large serait issue d'une nouvelle introduction par des poissons porteurs de glochidies par exemple. Cette deuxième hypothèse sous-entend que l'espèce n'a pas été disséminée en amont de Donzère par les eaux de ballast et est confortée par le fait que sur le Rhône et ses affluents, la répartition de l'espèce reflète bien l'aire actuelle de répartition de l'Alose feinte du Rhône *Alosa fallax rhodanensis* (Roule, 1924). En effet, même si ce poisson migrateur n'est probablement pas un vecteur de la dissémination de l'Anodonte chinoise, son aire de répartition nous renseigne sur les possibilités de remontée des poissons depuis l'estuaire du Rhône.

Quoiqu'il en soit, les milieux favorables à l'Anodonte chinoise entre Donzère et l'amont de Lyon seront vraisemblablement colonisés d'ici peu, s'ils ne le sont pas déjà. Ces milieux, qui correspondent à des bras morts ou lônes, des retenues ou confluences et des plans d'eau issus de l'extraction de granulats, sont répartis régulièrement le long du fleuve et constituent ou constitueront probablement des étapes dans la colonisation du bassin du Rhône. Le rôle important des plans d'eau artificiels et des retenues dans l'expansion de bivalves introduits a en effet déjà été montré. Mouthon (2000) mentionne en effet que la présence de ces aménagements a largement favorisé l'installation des Corbicules dans des secteurs qui auparavant ne leur étaient pas favorables et qu'ils constituent actuellement d'importants réservoirs d'alimentation en individus pour les cours d'eau dans lesquels ils se déversent. La colonisation du Haut Rhône par les Corbicules a ainsi été grandement facilitée par les travaux d'aménagement du fleuve et la création de plans d'eau comme la retenue de Villebois nécessaire pour la centrale de Creys-Malville.

Le cours du fleuve en lui-même ne représente pas *a priori* un milieu particulièrement favorable au développement de l'Anodonte chinoise car le phytoplancton qui constitue la nourriture principale des Unionidae n'y est généralement présent qu'en faibles concentrations (Mouthon 2008).

A plus long terme, d'autres grands bassins pourraient être colonisés par l'Anodonte chinoise via les canaux qui les relient au bassin Rhône-Méditerranée par le déplacement de poissons porteurs de glochidies. Le bassin Adour-Garonne pourrait être colonisé via le Canal du Midi et le Canal Latéral à la Garonne. Les bassins Loire-Bretagne, Seine-Normandie et Rhin-Meuse via de nombreux canaux navigables. De telles colonisations ont déjà été observées pour la Moule zébrée et les Corbicules (Mouthon 2000) ou par exemple chez les poissons. En effet, le Hotu *Chondrostoma nasus* (Linnaeus, 1758) est passé du Rhin à la Marne vers 1910 puis à la Saône et au Rhône vers 1930 (Nelva-Pasqual 1988).

En outre, de nouvelles introductions sont hélas à prévoir. En effet, les déversements de poissons issus de piscicultures et les transferts de poissons d'un bassin-versant à l'autre sont courants. L'Anodonte chinoise est aussi vendue dans certains pays d'Europe comme « filtre biologique » pour les bassins et les étangs (Mienis 2008). Enfin, des recherches ont été menées pour tenter de produire des perles grâce à l'espèce en Italie (Berni *et al.* 2004) et des essais sur le traitement des eaux usées ont été réalisés (Mienis 2008). Si ces projets sont concluants, l'exploitation de l'espèce pourrait être à l'origine de nouvelles introductions et accélérer son expansion en Europe et dans le Monde.

Depuis son introduction en 1982 l'espèce a colonisé en partie le bassin Rhône méditerranée et des populations importantes sont apparues dans certains milieux eutrophes. Dans ceux-ci l'Anodonte chinoise est le bivalve dominant avec *Corbicula fluminea* (observations personnelles 2008, 2009). Sa meilleure tolérance à la pollution et aux faibles taux d'oxygène dissous par rapport aux moules d'eau douce autochtones (Sirbu *et al.* 2005) en est probablement une cause. Si la prolifération de l'Anodonte chinoise pourrait avoir un effet positif sur la qualité de l'eau (filtration) ou certaines espèces en leur fournissant une ressource alimentaire abondante, le risque d'impact sur les populations de bivalves autochtones par compétition a été évoqué : compétition pour l'espace, les ressources alimentaires, ou au stade larvaire pour les mêmes poissons hôtes (Watters 1997, Fabbri & Landi 1999, Beran 2008, Pou-Rovira *et al.* 2009). Les particularités physiologiques, écologiques et biologiques de l'Anodonte chinoise lui donnent un avantage sur les unionidés autochtones : grande taille, croissance plus rapide, possibilité de se reproduire 2 à 3 fois par an contre une seule fois pour les espèces autochtones, reproduction dès la première année (Sirbu *et al.* 2005, Dudgeon & Morton 1983). Pou-Rovira *et al.* (2009) évoquent aussi le risque de synergie avec l'impact de la présence d'autres bivalves introduits comme *Corbicula fluminea* et avec la dégradation des plans d'eau et de l'aval des cours d'eau.

Semblant confirmer cela, des réductions/disparitions de populations d'*Anodonta anatina* (Linnaeus, 1758) ont déjà été observées en Italie après que l'Anodonte chinoise soit apparue dans des canaux eutrophes (Fabbri & Landi 1999, Niero 2003). Plus généralement, certains travaux ont fait le lien entre l'introduction d'une espèce comme la Moule zébrée et la raréfaction/l'extinction de bivalves autochtones (Ricciardi *et al.* 1998). Toutefois, d'autres auteurs ont réfuté la possibilité d'une compétition dans des lacs réchauffés par les eaux d'une centrale électrique en Pologne (Kraszewski & Zdanowski 2007). La principale raison semble être l'occupation d'habitats différents : l'Anodonte chinoise préférant des eaux plus chaudes que les unionidés autochtones.

Aucun autre impact potentiel ne semble documenté, à l'exception d'un sur la Bouvière *Rhodeus amarus* (Bloch, 1782). Przybylski *et al.* (2004) montrent que sur 4 espèces d'unionidés autochtones étudiées, toutes sont des hôtes convenables pouvant servir à la reproduction de ce poisson. La reproduction de la Bouvière est dite "ostracophile" car la femelle possède un ovipositeur situé en avant de la nageoire anale lui permettant de déposer ses ovules dans le siphon exhalant d'un bivalve. Le mâle libère ensuite son sperme près du siphon inhalant pour réaliser la fécondation. L'éclosion est rapide, mais les alevins ne sortent de la cavité branchiale que lorsqu'ils atteignent environ 8 mm. Or dans le cas de l'Anodonte chinoise, bien que la ponte soit possible, le frai est « éjecté » quelque seconde après. L'espèce pourrait donc avoir un impact important sur les populations de Bouvière, en réduisant le succès de la reproduction, voire en l'annihilant si l'espèce remplace à terme les unionidés autochtones.

Conclusion

L'Anodonte chinoise, espèce introduite récemment se propageant rapidement, est une menace potentielle supplémentaire pour les écosystèmes et les espèces de l'aval des cours d'eau et des plans d'eau naturels. En effet, des équilibres écologiques pourraient être perturbés et des populations de moules d'eau douce ou de poissons autochtones pourraient fortement se réduire ou disparaître. Son éradication est utopique. Par contre, il est possible de limiter son expansion en évitant les transferts de poissons d'un bassin à l'autre dans la mesure où ils ne sont pas reliés par un ou des canaux, ou à l'intérieur d'un bassin si un secteur est isolé par un barrage ou un seuil naturel ou artificiel. De même, il apparaît urgent d'interdire la vente de l'espèce en jardinerie/animalerie et son utilisation pour le traitement des eaux usées ou la production de perles par exemple. L'Anodonte chinoise devrait être inscrite sur la liste des espèces susceptibles de provoquer des déséquilibres biologiques au même titre que certains poissons, crustacés ou amphibiens (Article R432-5 du Code de l'Environnement). Enfin, la progression de l'espèce reste à surveiller et son impact à évaluer. Un suivi de la colonisation devrait être mis en place aux niveaux français et européen et il serait souhaitable qu'un protocole destiné à mesurer son impact sur les écosystèmes et espèces soit élaboré.

Remerciements — Merci à A. Bertrand, T. Disca, P. Geniez, H. Girardi, H. K. Mienis, J. Mouthon, H. Persat et la Compagnie Nationale du Rhône (M. Zylberblat et M. Rocle) pour les informations fournies. Un grand merci aussi à V. Prié pour ses informations, sa patience et son aide.

Références

- Afanasjev, S.A., Zdanowski, B., Kraszewski, A. 2001. Growth and population structure of the mussel *Anodonta woodiana* (Lea, 1834) (Bivalvia, Unionidae) in the heated Konin lakes system. *Archives of Polish Fisheries*, 9 : 123-131.
- Albrecht, C., Lohfink, D. & Schultheiss R. 2006. Dramatic decline and loss of mollusc diversity in long-lived lakes in Greece. *Tentacle*, 14 : 11-13.
- Aldridge, D.C. & Müller, S.J. 2001. The asiatic clams, *Corbicula fluminea*, in Britain: current status and potential impacts. *Journal of Conchology* 37 (2) : 177-183.
- Aldridge, D.C., Elliott, P. & Moggridge, G.D. 2004. The recent and rapid spread of the zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) in Great Britain. *Biological Conservation*, 119 : 253-261.
- Araujo, R., Moreno, D. & Ramos, M.A. 1993. The Asiatic clam *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) (Bivalvia : Corbiculidae) in Europe. *American Malacological Bulletin*, 10 (1) : 39-49.
- Beran, L. 1997. First record of *Sinanodonta woodiana* (Mollusca: Bivalvia) in the Czech Republic. *Acta Societatis Zoologica Bohemicae*, 61 : 1-2.
- Beran, L. 2008. Expansion of *Sinanodonta woodiana* (Lea, 1834) (Bivalvia: Unionidae) in the Czech Republic. *Aquatic Invasions*, Volume 3, Issue 1 : 91-94.
- Berni, P., Bitossi, S., Salvato, M., Orlandi, M., Salviati, J., Silvestri, M., Megale, P., Orlandi, P., Billiard, R. 2004. Valorizzazione del territorio attraverso produzioni alternative di perle di acqua dolce di elevata qualità, noctecniche di policoltura eco-sostenibile. www.unipi.it/ateneo/comunica/comunicati1/archivio/2002/ottobre/perle.htm_cvt.htm. Consulté le 15 janvier 2010.
- Bogan, A.E., Schilthuizen, M. 2004. First report of the introduced freshwater bivalve, *Anodonta woodiana* (Lea, 1834) from the island of Borneo, Sabah, Malaysia. *Ellipsaria* 6 (1) : 5.
- Bogatov, V.V. & Sayenko E.M. 2002. On the structure and systematic position of the genus *Sinanodonta* (Bivalvia, Unionidae). *Bulletin of the Russian Far East Malacological Society* 7 : 85-93.
- Bohme, M. 1998. Ein neuer Fundort der Chinesischen Teichmuschel (*Sinanodonta woodiana*) in Mitteleuropa. *Heldia*, 2 (5-6) : 166.
- Brancotte, V. & Vincent, T. 2001. *Corbicula*, un envahisseur discret mais diablement efficace. *Loiret Nature*, 10 (6) : 20-22.
- Brancotte, V. & Vincent, T., 2002. L'invasion du réseau hydrographique français par les mollusques *Corbicula* spp. Modalité de colonisation et rôle prépondérant des canaux de navigation. *Bulletin Français de Pêche et de Pisciculture*, 366 : 325-337.
- Cappelletti, C., Cianfanelli, S., Beltrami, M.E. & Ciutti F. 2009. *Sinanodonta woodiana* (Lea, 1834) (Bivalvia: Unionidae): a new non-indigenous species in Lake Garda (Italy). *Aquatic Invasions*, 4 (4) : 685-688.
- Cejka, T., Dvorak, L. & Horsak, M. 2006. Malakologické novinky na slovensku v poslednom štvrtstoročí [New records of mollusc species for Slovakia during the last 25 years]. *Malakologický bulletin*, 14 August 2006. <http://mal-bull.blogspot.com>. Consulté le 15 janvier 2010.
- Chan, S.-Y. 2008. A record of a freshwater clam in Singapore (Unionidae - *Ensidens ingallsianus ingallsianus* (Lea, 1852)). *Ellipsaria*, 10 (1) : 9-10.
- Cianfanelli, S., Lori, E., Bodon, M. 2007. Non-indigenous freshwater molluscs and their distribution in Italy. In : Gherardi, F. (ed.), *Biological invaders in inland waters : Profiles, distribution and threats*. Springer, 2 : 103-121.
- Drake, J.M. & Lodge D.M. 2007. Rate of species introductions in the Great Lakes via ships' ballast water and sediments. *Canadian journal of fisheries and aquatic sciences*, 64 (3) : 530-538.
- Dudgeon, D. & Morton, B. 1983. The population dynamics and sexual strategy of *Anodonta woodiana* (Bivalvia : Unionacea) in Plover Coce Reservoir, Hong-Kong. *Journal of Zoology*, 201 : 161 - 183.
- Dudgeon, D. & Morton, B. 1984. Site selection and attachment duration of *Anodonta woodiana* (Bivalvia, Unionacea) glochidia on fish hosts. *Journal of Zoology*, 204 : 355 - 362.
- Edlinger, K. & Daubal, W. 2000. Ein Fund der ostasiatischen Chinesischen Flußperlmuschel *Sinanodonta woodiana* (LEA 1834) in Österreich. *Club Conchylia Informationen*, 32 (4/6) : 51-53.
- Essl, F. & Rabitsch, W. 2002. *Neobiota in Österreich*. Umweltbundesamt, Wien, 432 pp.
- Fabbri, R. & Landi, L. 1999. Nuove segnalazioni di molluschi, crostacei e pesci esotici in Emilia-Romagna e prima segnalazione di *Corbicula fluminea* (O.F. Müller, 1774) in Italia (Mollusca Bivalvia, Crustacea Decapoda, Osteichthyes Cypriniformes). *Quaderno di Studi e Notizie di Storia Naturale della Romagna*, 12 : 9-20
- Falkner, G., Bank, R. D., Von Proschwitz, T. 2001. Check-list of the non-marine Molluscan Species-group taxa of the States of Northern, Atlantic and central Europe. *Heldia*, 4 (1/2) : 1-76.
- Fontan, B. & Mény, J. 1997. Note sur l'invasion de *Corbicula fluminea* dans le réseau hydrographique de la région Aquitaine et précisions sur son spectre écologique. *Vertigo*, 5 (1995) : 31-34.
- Frank, C. 1987. Aquatische und terrestrische Mollusken des niederösterreichischen Donautales und der angrenzenden Biotope. XIII, Supplement zu Teil I-XII. *Soosiana*, 15 : 5-33.
- Fukuhara, S., Nagata, Y. & Yamada, T. 1986. Glochidium parasitic period, host-fish and parasitic site of *Anodonta woodiana* in a small pond. *Venus*, 45 (1) : 43-52.
- Gherardi, F., Genovesi, P., Scalera, R., Pöckl, M. & Kováč, V. 2007. *Biological invaders in inland waters: Profiles, distribution, and threats*. Invading nature: springer series in invasion ecology 2. Springer Netherlands : 733 pp.
- Girardi H. 1989. Deux bivalves d'eau douce récents pour la faune française (Mollusca, Bivalvia). *Bulletin de la Société d'Etude des Sciences Naturelles du Vaucluse*, 1989 - 1990 : 87-93.
- Girardi H. 1990. Complément à l'étude des Pélécytopodes de l'étang de la Gravière à Fontvieille, Bouches-du-Rhône (Mollusca). *Bioscosme mésogéen*, 7 (3-4) : 115-131.
- Girardi, H. & Ledoux J.-C. 1989. Présence d'*Anodonta woodiana* (Lea) en France (Mollusques, Lamellibranches, Unionidae). *Bulletin mensuel de la Société Linnéenne de Lyon*, 58 (9) : 286-291.
- Girardi, H. 2000. Inventaire des Mollusques Potamologiques, Benthiques et Hypogés de l'ensemble des Gardons et de ses affluents (Gasteropoda-Pélécytopodes). (Addenda, 2000). *Documents Malacologiques*, 1 : 47.
- Girardi, H. 2002. Notes sur la présence de mollusques dulçaquicoles en Camargue (Bouches-du-Rhône, France) (Mollusca : Gastropoda et Bivalvia). *Documents Malacologiques*, 3 : 3-8.

- Glöer, P. & Zeittler, M.L. 2005. Kommentierte Artenliste der Süßwassermollusken. *Deutschlands Malacologische Abhandlungen*, 23 : 3-23.
- Gomez, J.D., Vargas, M. & Malek, E.A. 1986. Freshwater mollusks of the Dominican Republic. *Nautilus* 100 : 130-134.
- Graf, D. & Cummings, K. 2010. The MUSSEL Project. <http://www.mussel-project.net/>. Consulté le 10 janvier 2010.
- Halgos, J. 1999. Mass occurrence of *Anodonta woodiana* (Lea, 1834) in Slovakia. *Folia Faunistica Slovaca*, 4 : 7.
- Hubenov, Z. 2006. *Anodonta (Sinanodonta) woodiana* (Lea, 1834) (Mollusca: Bivalvia: Unionidae) : a new invasive species for the Bulgarian malacofauna. *Acta zoologica bulgarica*, vol. 58 (1) : 37-42.
- IUCN, 2009. The IUCN Red List of Threatened Species. <http://www.iucnredlist.org>. Consulté le 15 janvier 2010.
- Jurishinec, V.I. & Kornushin, A.V. 2001. The mussel *Sinanodonta woodiana* (Bivalvia, Unionidae) : diagnostics and possible invasion vectors for this new species to Ukrainian fauna. *Vestnik zoologii*, 35 : 79-84.
- Keppens, M. & Mienis, H.K. 2003. Chinese vijvermossel in België: waarnemingen gezocht ! *Natuur.focus*, 2 : 123-125.
- Keppens, M. & Mienis, H.K. 2004. A propos de la présence de *Sinanodonta woodiana* (Lea, 1834) en Belgique. *Novapex Société*, 5 (2-3) : 78-81.
- Kiss, A. 1995. *The propagation, growth and biomass of the chinese huge mussel (Anodonta woodiana woodiana 1834) in Hungary*. University of Agricultural Sciences of Godollo, Hungary - Privat Edition : 33 pp.
- Kiss, A. & Pekli, J. 1988. On the growth rate of *Anodonta woodiana woodiana* (Lea 1834), (Bivalvia: Unionacea). *Bulletin of Agricultural Science*, 1 : 119-124.
- Kiss, A. & Petro, E. 1992. Distribution and biomass of some Chinese mussel (*Anodonta woodiana woodiana* Lea, 1834) (Bivalvia: Unionacea) population in Hungary. *Abstracts of the XII International Malacological Congress in Siena, Unitas Malacologica* : 31-33.
- Kosel, V. 1995. The first record of *Anodonta woodiana* (Mollusca, Bivalvia) in Slovakia. *Acta zoologica Universitatis Comenianae Bratislava*, 39 : 3-7.
- Kraszewski, A. & Zdanowski, B. 2001. The distribution and abundance of the Chinese mussel *Anodonta woodiana* (Lea, 1834) in the heated Konin lakes. *Archives of Polish Fisheries*, 9 (2) : 253-265.
- Kraszewski, A. & Zdanowski, B. 2007. *Sinanodonta woodiana* (Lea, 1834) (mollusca) - a new mussel species in Poland : occurrence and habitat preferences in a heated lake system. *Polish Journal of Ecology*, 55 (2) : 337-356.
- Kraszewski, A. 2004. Characteristics of the population of *Anodonta woodiana* (Lea, 1834) in the Konin system. *Folia Malacologica*, 12 (2) : 92.
- Kraszewski, A. 2006. Morphological variation in the Chinese clam *Sinanodonta woodiana* (Lea, 1834) in the heterogeneous conditions of the Konin heated lake system in central Poland. *Folia Malacologica*, 14 : 11-23.
- Lea, I. 1834. Observations on the naiads ; and descriptions of new species of that, and other families. Pl. I-XVIII. *Transactions of the American Philosophical Society* (New Series), 5 : 23-119.
- Lodde, A., Palmerini, E. & Castagnolo, L. 2005. *Anodonta woodiana* (Lea, 1834) (Mollusca, Bivalvia, Unionidae), a non-indigenous species wide-spread in Italy: Comparison of the biological cycle in native countries (far east) and in Italy (Modena Canals). *Presented at IV International Congress of the European Malacological Societies*, Naples, Italy 10-14 October 2005.
- Machordom, A., Araujo, R., Erpenbeck, D. & Ramos, M.A. 2003. - Phylogeography and conservation genetics of endangered European Margaritiferidae (Bivalvia: Unionioidea). *Biological Journal of the Linnean Society*, 78 : 235-252.
- Manganelli, G., Bodon, M., Favilli, L., Castagnolo, L. & Giusti, F. 1998. Checklist delle specie della fauna d'Italia, molluschi terrestri e d'acqua dolce. Errata ed addenda, 1. *Bollettino Malacologico*, 33 (9-12) : 151-156.
- Mienis, H.K. 2002. The Chinese Pond Mussel *Sinanodonta woodiana* Continues its Conquest of Europe. *Ellipsaria* 4 (1) : 11-12.
- Mienis, H.K. 2003. *Sinanodonta woodiana* - News from Europe. *Ellipsaria* 5 (1) : 13.
- Mienis, H.K. 2008. Additional Information Concerning the Conquest of Europe by the Invasive Chinese Pond Mussel *Sinanodonta woodiana*. 18. News from Austria, Greece, the Netherlands, Poland and Slovakia. *Ellipsaria* 10 (2) : 9-10.
- Mouthon, J. 1981. Sur la présence en France et au Portugal de *Corbicula* (Bivalvia, Corbiculidae) originaire d'Asie. *Basteria*, 45 (4/5) : 109-116.
- Mouthon, J. 2000. Répartition du genre *Corbicula* Megerle von Mühlfeld (Bivalvia : Corbiculidae) en France à l'aube du XXI^e siècle. *Hydroécologie Appliquée*, 12 (1-2) : 135-146.
- Mouthon, J. 2008. Découverte de *Sinanodonta woodiana* (Lea, 1834) (Bivalvia : Unionacea) dans un réservoir eutrophe : le Grand Large en amont de Lyon (Rhône, France). *MalaCo*, 5 : 241-243.
- Munjiu, O. & Shubernetski, I. 2008. First record of *Sinanodonta woodiana* (Lea, 1834) (Bivalvia: Unionidae) in Moldova. *Aquatic Invasions*, Volume 3, Issue 4 : 441-442.
- Mussel Project : Palearctic Freshwater Mussels. http://bama.ua.edu/~musselp/proj/paleartic/spp_diversity.html. Consulté le 15 janvier 2010.
- Nagel, K. O. & Badino, G. 2001. Population genetics and systematics of the European Unionidae. In : Bauer, G. & Wächtler, K., *Ecology and Evolution of the Freshwater Mussels Unionidae*. Ecological studies, Springer-Verlag, Berlin / Heidelberg, 1454 : 51-81.
- Nalepa, T. F. & Schloesser D. W., Eds. 1992. *Zebra mussels : biology, impacts, and control*. Lewis Publishers : 810 pp.
- Nelva-Pasqual, A. 1988. Origine et biogéographie des deux Chondrostomes Français : *Chondrostoma nasus* et *C. toxostoma* (Pisces, Cyprinidae). *Cybium*, 12 : 287-299.
- Niero, I. 2003. Sulla presenza in Veneto e Centro Italia di *Anodonta woodiana woodiana* (Lea, 1834) (Mollusca, Bivalvia). *Bollettino del Museo Civico di Storia Naturale di Venezia*, 54 : 29-33.
- Novak, J. 2004. Třetí potvrzený nález škeble asijské v ČR [The third Confirmed Record of *Sinanodonta woodiana* in the Czech Republic]. *Živa*, 1 : 41.
- ONU, 2005. Millenium Ecosystems Assessment. <http://www.maweb.org/en/index.aspx>. Consulté le 15 janvier 2010.
- Packet, J., van den Neucker, T. & Sablon, R. 2009a. Distribution of the Chinese pond mussel, *Sinanodonta woodiana* (Lea, 1834) in Flanders (Belgium) : ready for the invasion ? Poster. *Science Facing Aliens*, Brussels, May 11th 2009.
- Packet, J., van den Neucker, T. & Sablon, R. 2009b. Distribution of the Chinese pond mussel *Sinanodonta woodiana* (Lea, 1834) in Flanders (Belgium). *Science Facing Aliens*, Brussels, May 11th 2009.
- Paunovic, M., Borkovic, S., Pavlovic, S., Saicic, Z. & Cacic, P. 2008. Results of the 2006 Sava survey - Aquatic Macroinvertebrates. *Archives of Biological Sciences, Belgrade*, 60 (2) : 265-271.

- Paunovic, M., Csanyi, B., Simic, V., Stojanovic, B. & Cakic, P. 2006. Distribution of *Anodonta (Sinanodonta) woodiana* (Lea, 1834) in inland waters of Serbia. *Aquatic Invasions*, Volume 1, Issue 3 : 154-160.
- Paunovic, M., Simic, V., Jakovcev-Todorovic, D. & Stojanovic L. 2005. Results of investigating the macroinvertebrate community of the Danube river on the sector upstream from the Iron Gate (km 1083-1071). *Archives of Biological Sciences, Belgrade*, 57 (1) : 57-63.
- Petro, E. 1984. Occurrence of *Anodonta woodiana* (Lea, 1834) (Bivalvia: Unionacea) in Hungary. *Allatani közlemenyek*, 71 : 181-191.
- Phelps, H.L. 1994. The asiatic clam (*Corbicula fluminea*) invasion and system-level ecological change in the Potomac River Estuary near Washington, D.C. *Estuaries*, 17 : 614-621.
- Popa, O.-P. & Popa L.O. 2006. *Sinanodonta woodiana* (Lea, 1834), *Corbicula fluminea* (O. F. Müller, 1774), *Dreissena bugensis* (Andrusov, 1897) (mollusca: bivalvia): alien invasive species in romanian fauna. *Travaux du Muséum National d'Histoire Naturelle "Grigore Antipa"*, Vol. XLIX : 7-12.
- Popa, O.-P., Kelemen, B.S., Murariu, D., Popa L.O. 2007. New records of *Sinanodonta woodiana* (Lea, 1834) (Mollusca : Bivalvia : Unionidae) from Eastern Romania. *Aquatic Invasions*, Volume 2, Issue 3 : 265-267.
- Popa, O.P., Murariu, D. & Popa, L.O. 2008. Freshwater mollusc species invasive in Romania. In : P. Pysek & J. Pergl (Eds.) : *Neobiota : towards a Synthesis. 5th European Conference on Biological Invasions, 23-26 September 2008. Book of Abstracts*. Prague (Czech Republic) : 99.
- Pou-Rovira, Q., Araujo, R., Boix, D., Clavero, M., Feo, C., Ordeix, M. & Zamora, L. 2009. Presence of the alien species Chinese pond mussel *Anodonta woodiana* (Lea, 1834) in the Iberian Peninsula. *Graellsia*, 65 (1) : 67-70.
- Prié, V. 2009. The Giant Pearl Mussel : A new location discovered in France increases significantly the known number of living individuals. *Tentacle*, 17 (January 2009) : 17-18.
- Przybylski, M., Reichard, M., Kaniewska, P., Ondrackowa, M. & Smith, C. 2004. How to choose a proper bivalve for reproduction - a story about Bitterling (*Rhodeus sericeus*) and Unionids, with *Anodonta woodiana* in the background. *Folia Malacologica*, 12 (2) : 99.
- Purser, G.J. 1988. *Factors affecting the distribution of the freshwater pearl mussel (Margaritifera margaritifera (L.)) in Britain*. PhD Thesis. University of Aberdeen, Aberdeen.
- Reichling, H.J. 1999. Erstnachweis der Chinesischen Teichmuschel *Sinanodonta woodiana* in Deutschland. *NABU Märkischer Kreisverband*, Infoheft : 24-32.
- Reis, J. & Araujo, R. 2007. *Unio tumidiformis* Castro 1885 : A highly endangered endemic species (Bivalvia : Unionidae) from the south-western Iberian Peninsula. World Congress of Malacology, Antwerpen.
- Reischütz, A., Reischütz, N. & Reischütz, P.L. 2008a. Helleniká pantofí, 21: Ein Beitrag zur Molluskenfauna des Evros (Thrakien, Griechenland). *Nachrichtenblatt der Ersten Vorarlberger Malakologischen Gesellschaft*, 15 :31-33.
- Reischütz, A., Reischütz, P.L. & Fischer, W. 2008b. Helleniká pantofí, 19: Zur Molluskenfauna des Aliakmonas, Loudias, Axios und Strymon (Makedonien, Griechenland). *Nachrichtenblatt der Ersten Vorarlberger Malakologischen Gesellschaft*, 15 : 25-27.
- Reischütz, P.L. 1998. Vorschlag für deutsche Namen der in Österreich nachgewiesenen Schnecken- und Muschelarten. *Nachrichtenblatt der Ersten Vorarlberger Malakologischen Gesellschaft*, 6 : 31-44.
- Ricciardi, A., Neves, R.J. & Rasmussen, J.B. 1998. Impending extinctions of North American freshwater mussels (Unionoida) following the zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) invasion. *Journal of Animal Ecology*, 67 : 613-619.
- Sablon, R. 2002. Exotic mussel species invasions in Belgian freshwater systems (Mollusca Bivalvia). *Bulletin van het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen, Biologie*, 72 (Supplement) : 65-66.
- Sarkany-Kiss, A. 1986. *Anodonta woodiana* (Lea 1834), a new species in Romania (Bivalvia, Unionacea). *Travaux du Muséum National d'Histoire Naturelle "Grigore Antipa"*, 28 : 15-17.
- Sirbu, I., Sarkany-Kiss, A., Sirbu, M., Benedek, A.M. 2005. The Unionidae from Transylvania and neighbouring regions (Romania). *Heldia*, 6 (3/4) : 183-192.
- Soroka, M. 2006. Genetic structure of the Chinese clam *Anodonta woodiana* Lea, 1834. *Folia Malacologica*, 14 (4) : 169 - 178.
- Swinnen, F., Leynen, M., Sablon, R., Duvivier, L. & Vanmaele R. 1998. - The Asiatic clam *Corbicula* (Bivalvia, Corbiculidae) in Belgium. *Bulletin de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique*, 68 : 47-53.
- Therriault, T., Orlova, M., Docker, M., MacIsaac, H.J. & Heath, D. 2005. Invasion genetics of a freshwater mussel (*Dreissena rostriformis bugensis*) in eastern Europe : high gene flow and multiple introductions. *Heredity*, 5 : 1-8.
- Urishients, V.I. & Kornishin, A.V. 2001. The new species in the fauna of Ukraine *Sinanodonta woodiana* (Bivalvia, Unionidae), its diagnostics and possible ways of introduction. *Vestnik zoologii*, 35 : 79-84 .
- Von Proschwitz, T. 2008. The Chinese giant mussel *Sinanodonta woodiana* (Lea, 1834) (Bivalvia, Unionidae) : an unwelcome addition to the Swedish fauna. *Basteria*, vol. 72 (4-6) : 307-311.
- Watters, G.T. 1997. A synthesis and review of the expanding range of the Asian freshwater mussel *Anodonta woodiana* (Bivalvia : Unionidae). *Veliger*, 40 : 152-156.
- Yuryshynets, V. & Krasutska N. 2009. Records of the parasitic worm *Aspidogaster conchicola* (Baer 1827) in the Chinese pond mussel *Sinanodonta woodiana* (Lea 1834) in Poland and Ukraine. *Aquatic Invasions*, Volume 4, Issue 3 : 491-494.
- Zhadin, V.I. 1952. *Freshwater and marine molluscs of the USSR*. Akademia Nauk USSR, Moskva Leningrad : 376 pp.

Soumis le 29 janvier 2010 ;

Accepté le 22 février 2010.

Cucherat, X. & Gargominy, O. 2010. La malacofaune du site Natura 2000 du lac de Saint Léger et mention de *Vertigo angustior* Jeffreys, 1830 (Mollusca, Gastropoda, Vertiginidae) pour les Alpes-de-Haute-Provence. *MalaCo*, 6 : 288-293.
Article publié sur www.journal-malaco.fr (ISSN 1778-3941)

La malacofaune du site Natura 2000 du lac de Saint Léger et mention de *Vertigo angustior* Jeffreys, 1830 (Mollusca, Gastropoda, Vertiginidae) pour les Alpes-de-Haute-Provence

The non-marine molluscs of the Natura 2000 site of Saint Léger Lake and report of *Vertigo angustior* Jeffreys, 1830 (Mollusca, Gastropoda, Vertiginidae) for the Alpes-de-Haute-Provence

Xavier CUCHERAT¹ & Olivier GARGOMINY²

¹ 11 rue Désiré Ringot, 59147 Gondecourt

² Muséum national d'Histoire naturelle, 55 rue Buffon, 75005 Paris

Correspondance : xavier.cucherat@wanadoo.fr

Résumé — En 2007, la malacofaune du site Natura 2000 FR9301546 « Lac de Saint Léger » et de son bassin versant a été étudiée sur la base de 19 et 13 stations respectivement. Cet inventaire a permis de trouver 11 espèces de mollusques aquatiques dans le lac (9 gastéropodes et 3 bivalves) et 21 terrestres dans la tourbière (5 limaces et 16 escargots), dont *Vertigo angustior* Jeffreys, 1830. Il s'agit pour cette espèce de la première mention pour le département des Alpes-de-Haute-Provence. Dans le bassin versant, 25 espèces terrestres (5 limaces et 20 escargots) ont été trouvées dont aucune n'est aquatique. La malacofaune aquatique du lac est très pauvre en raison du caractère oligotrophe des eaux du lac. En revanche, la malacofaune de la tourbière, située à 1300 m d'altitude, est très proche de celle des zones humides de plaine. La malacofaune du bassin versant (environ 50 ha) est assez pauvre en regard de la faune des Alpes françaises.

Mots clefs — Lac Saint-Léger, Natura 2000, tourbière alcaline, Montclar, Alpes-de-Haute-Provence, *Vertigo angustior*

Abstract — In 2007, the non-marine mollusc of the Natura 2000 site FR9301546 « Lac de Saint Léger » and its catchment were surveyed on the basis of 19 and 13 stations respectively. This survey allowed us to find 11 species of freshwater molluscs in the lake (9 snails and 3 species of pea mussels) and 21 terrestrial species in the fen (5 slugs and 16 land snails), among which *Vertigo angustior* Jeffreys, 1830. It is the first report of this species in the Alpes-de-Haute-Provence. In the catchment, 25 land species (5 slugs and 20 land snails) were discovered but no freshwater species. The freshwater fauna of the lake is very poor due to the oligotrophic conditions of its water. In contrast, the land fauna of the fen, located at 1 300 m a.s.l., is very similar to those of wetland plains. The malacofauna of the catchment (about 50 ha) is relatively poor considering its geographic position in the French Alps.

Key-words — Saint-Leger ponds, Natura 2000, calcareous fens, Montclar, Alpes-de-Haute-Provence, *Vertigo angustior*

Introduction

Situé sur la commune de Montclar dans le département des Alpes-de-Haute-Provence, le site Natura 2000 FR9301546 « Lac de Saint Léger » correspond à une tourbière alcaline active perchée à 1308 m d'altitude, avec des microfaciès d'acidification, entourée de parcelles fauchées, pâturées et/ou cultivées. Cette tourbière dynamique est constituée de ceintures d'hélophytes turficoles et turfigènes bien individualisées, qui comblent peu à peu le lac. L'eau qui compose celui-ci est particulièrement oligotrophe et est issue d'un petit bassin versant d'une cinquantaine d'hectares, avec des roches de natures variées (principalement marnes et calcaires). Sur le plan des habitats, le bassin versant présente des hêtraies sur les versants exposés au nord et de massifs de hêtraies mixtes avec des conifères (*Pinus* sp.), en mosaïque avec des pelouses sèches fortement ourlifiées. À l'occasion d'un inventaire de la malacofaune effectué dans le cadre de la rédaction du Document d'Objectifs du site, une population de *Vertigo angustior* Jeffreys, 1830, inscrit à l'annexe II de la Directive européenne 92/43 CE, dite Directive « Habitats-Faune-Flore », y a été découverte. L'objet de cet article est de présenter et (1) de décrire les peuplements de mollusques dans le site proprement-dit mais, également au niveau du bassin versant dans lequel s'inscrit le lac et (2) de préciser la localisation des populations de *V. angustior*.

Matériel et méthodes

Description du site d'étude

Les descriptions physiques du bassin versant et du lac de Saint Léger sont tirées de Digerfeldt *et al.* (1997). Le lac est localisé à une altitude de 1308 m d'altitude, à environ 10 km au nord-ouest de la ville de Seyne, dans les Alpes-de-Haute-

Provence (Figure 1) sur la commune de Montclar. L'aire d'étude appartient à la partie interne du sud des Alpes françaises, dans le bassin versant de la Durance. Le lac se trouve sur une crête de calcaire et de marne située entre les vallées de la Blanche et de l'Ubaye.

Durant la glaciation maximale du Würm, un glacier de la vallée de l'Ubaye a passé la crête de la montagne séparant la partie méridionale du réservoir de Serre Ponçon et du bassin de Seyne. La totalité du bassin de Seyne a été occupée par le glacier et six stades majeurs de moraines ont pu être identifiés (Jorda 1972). Le bassin du lac de Saint Léger est localisé entre deux moraines terminales mineures qui se sont formées durant la déglaciation, qui est supposée s'être produite il y a environ 17 000 ans.

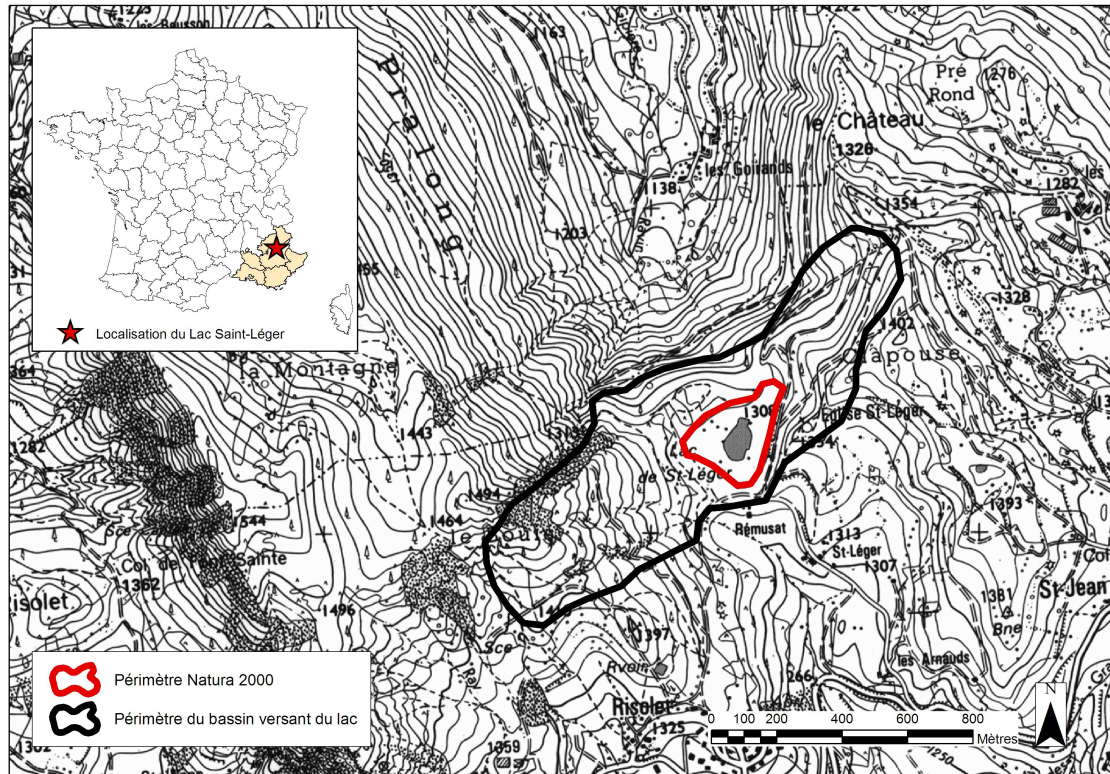


Figure 1 — Carte de localisation du Lac de Saint-Léger (Fond : Scan25 © IGN).

Le climat de l'aire d'étude est similaire au climat méditerranéen. Les précipitations ont leur maxima au printemps et en automne et leur niveau minimum en été (Gausson 1952, Garnier 1966). Localement, la barrière nord-sud formée par la montagne de la Blanche favorise les précipitations apportées par des vents d'origine atlantique.

Le lac de Saint Léger et son bassin versant sont à la frontière des végétations collinéennes, avec un faciès à Pin sylvestre (*Pinus sylvestris*) de la série du Chêne pubescent (*Quercus pubescens*), et des végétations montagnardes, avec un faciès à Hêtre (*Fagus sylvatica*) de la série mésophile à Pin sylvestre (Ozenda 1966). Les prairies et les espaces cultivés sont à ce jour dominants dans le bassin de Seyne et dans la vallée de La Blanche. Ailleurs, les massifs de Pin sylvestre sont communs, avec localement des peuplements à Chêne. Les hêtraies peuvent être observées sur les versants situés au nord, en particulier au nord/nord-ouest du lac.

Le lac actuel a une surface approximative de 6 400 m² et sa profondeur maximale est d'environ 3 m. Historiquement (Holocène précoce), avant le développement de la tourbière le lac avait une superficie d'environ 25 000 m². Le bassin versant recouvre une surface approximative de 350 000 m². À ce jour, le lac ne présente pas de déversoir visible. Un ancien déversoir, situé environ à 0.5 m au dessus du niveau actuel du lac, est présent dans la partie septentrionale boisée du lac. Selon Digerfeldt *et al.* (1997), le niveau du lac a probablement été maintenu à un niveau bas dans les temps récents pour drainer les espaces cultivés alentours. Le lac n'est pas alimenté que par le ruissellement des eaux venant du bassin versant. Il peut être admis que le suintement issu de la nappe d'eau des collines environnantes a une influence importante sur l'apport en eau du lac (Digerfeldt *et al.* 1997). Deux sources montrant le niveau de la nappe sont présentes dans le bassin versant (elles n'étaient pas actives lors des prospections). Enfin, le niveau du lac doit également présenter une connexion hydraulique avec le niveau de la nappe d'eau du sol (Digerfeldt *et al.* 1997).

Le lac montre à la fois des surfaces d'eau libre sans végétation et des ceintures végétales dominées par le Potamogeton nageant (*Potamogeton natans*) et par le Nénuphar blanc (*Nymphaea alba*). Lorsque la tranche d'eau diminue, on rencontre, de manière très localisée, des roselières à Massette à large feuille (*Typha latifolia*) et à Souchet des lacs (*Schoenoplectus lacustris*). Les ceintures de roselières à Roseau commun (*Phragmites australis*) se développent principalement sur la partie nord du lac. Dans la partie basse non inondée de la tourbière dominent les végétations herbacées basses des marécages, avec la présence (1) de marais de transition à Laïche à fruits velus (*Carex lasiocarpa*) et Laïche à tige arrondie (*Carex diandra*) du *Caricion lasiocarpae*, (2) de faciès à Laïche des bourniers (*Carex limosa*) du *Caricion lasiocarpae*, de bas-marais alcalins à Laïche de Davall (*Carex davalliana*) et Choin ferrugineux (*Schoenus ferrugineus*) du *Caricion davallianae* et, (3)

de bas-marais à Laîche noire (*Carex nigra*) du *Caricion fuscae*. Les limites ouest à sud de ces bas-marais correspondent à un (1) complexe de prairies humides pauvres en matière organique à Molinie bleutée (*Molinia caerulea* ssp. *arundinacea*) du *Molinion caeruleae*, (2) de prairies humides riches en matière organique à Canche cespiteuse (*Deschampsia caespitosa*) du *Deschampsion caespitosae* et, (3) de prairies de fauche à Fromental (*Arrhenatherum elatius*) de l'*Arrhenatherion elatioris*. Enfin, ponctuellement au sein de ces prairies, se développent des fourrés et des jeunes boisements humides de Bouleau verruqueux (*Betula pendula*), de Pin sylvestre (*Pinus sylvestris*) ou de Saule pourpre (*Salix purpurea*).

Recherche des mollusques continentaux

Les prospections se sont déroulées pendant trois jours durant la première quinzaine du mois d'août 2007. Les escargots et limaces ont été recherchés à l'œil nu (chasse à vue) dans tous les habitats présents sur le site, en prenant soin de vérifier la présence de mollusques sous les morceaux de bois, dessous de pierres, les troncs d'arbre, etc. Les individus des espèces d'identification difficile ont été ramassés pour détermination. Des récoltes additionnelles de litière, sur une surface approximative de 100 cm² (carré de 10 cm de côté), ont également été effectuées en quelques points afin de compléter la liste des espèces et d'affiner l'inventaire dans le cas de la tourbière. Dans le cas du bassin versant, la surface utilisée a été de 1 m² (carré d'un mètre de côté). La litière récoltée a été mise à sécher puis tamisée sur une colonne de tamis (5 mm, 2 mm et 500 µm). Chaque refus de tamis a ensuite été trié sous loupe binoculaire.

Les espèces dulcicoles ont été recherchées à l'interface eau-sédiment, à l'aide d'une passette de 20 cm de diamètre et de 1 mm de maille environ montée sur manche. Des traits de 0.5 m et 1 m ont été effectués. Le tri des mollusques récoltés a été effectué sur le terrain après un bref tamisage (élimination des sédiments) des prélèvements.

Le matériel incomplètement identifié sur le terrain a été emporté, puis examiné sous loupe binoculaire. La nomenclature des espèces terrestres et aquatiques utilisée ici est celle de Falkner *et al.* (2002), avec des ajustements en fonction des travaux plus récents en taxonomie.

Résultats

Site Natura 2000

Vingt neuf espèces de mollusques ont été observées au sein du site (Tableau 1) à partir de 19 stations d'étude (Figure 2). Les espèces observées se répartissent en 5 limaces, 6 escargots aquatiques, 15 escargots terrestres et 3 moules d'eau douce du genre *Pisidium*. Toutes les espèces observées ont été récoltées vivantes. La malacofaune du site est majoritairement composée d'espèces des zones humides, et plus particulièrement celles inféodées aux tourbières alcalines. On retrouve dans ce peuplement des taxons hygrophiles de petite taille (< 5 mm), avec par exemple *Vertigo antivertigo* (Draparnaud 1801) et *Euconulus praticola* (Reinhardt, 1883), typiquement inféodés aux zones humides tourbeuses et paratourbeuses en France. À ces espèces se joignent *Deroceras laeve* (O.F. Müller, 1774) et *Oxyloma elegans* (Risso 1826).

Cepaea nemoralis (O.F. Müller, 1774), *Euomphalia strigella* (Draparnaud 1801), *Deroceras reticulatum* (O.F. Müller, 1774) et *Malacolimax tenellus* (O.F. Müller, 1774) trouvés sur le site ne sont pas strictement inféodés aux zones humides. Les deux premières espèces ont une écologie relativement large, tandis que *Deroceras reticulatum* est très souvent associée aux milieux anthropisés (milieux cultivés). *Malacolimax tenellus* est une limace forestière qui a été observée au sein de la tourbière dans la station 09.

Les gastéropodes aquatiques sont représentés par les genres *Stagnicola*, *Galba* et *Aplexa*. Ceux-ci sont très souvent inféodés aux milieux humides temporaires et, en l'occurrence ici, aux micro-dépressions temporaires des parties inondées de la tourbière, quoique quelques *Stagnicola corvus* aient été récoltés dans le lac lui-même. En revanche, *Hippeutis complanatus* (Linnaeus, 1758) et *Acroloxus lacustris* (Linnaeus, 1758) n'ont été observés vivants que dans le lac lui-même au sein des ceintures de nénuphars. Ces deux espèces vivent généralement dans des milieux aquatiques permanents.

On peut souligner la présence dans la tourbière d'une *Pupilla*, très proche morphologiquement de *Pupilla pratensis* (Clessin, 1871) et d'une *Arion* très proche d'*Arion fuscus* (O.F. Müller, 1774) qui restent à déterminer, ainsi que des spécimens juvéniles d'une limace du genre *Deroceras* qui n'ont pu être identifiés.

Vertigo angustior, espèce inscrite à l'annexe II de la Directive 92/43 dite « Habitats-Faune-Flore » et citée comme « remarquable » dans l'inventaire ZNIEFF Provence-Alpes-Côte-d'Azur (PACA) (Gargominy & Ripken 1999), a été



Figure 2 — Carte de localisation des stations sur le site Natura 2000. Seules les stations correspondant aux observations terrestres sont figurées. En rouge : présence de *V. angustior* (Fond : photo aérienne © CEEP, sans échelle).

observé dans 12 des 19 stations étudiées dans la tourbière (Figure 2). Il est absent des stations inondées ou susceptibles de l'être. Ces stations se trouvent dans la partie basse non inondée de la tourbière et plus particulièrement dans les végétations du *Caricion lasiocarpae*, du *Caricion lasiocarpae* et du *Caricion davallianae* où l'espèce se maintient sur les touradons de la Laïche de Davall. *Vertigo angustior* a également été observé dans les végétations des prairies humides pauvres en matière organique du *Molinion caeruleae*, ainsi que dans les prairies humides riches en matière organique du *Deschampsion caespitosae*.

Tableau 1 — Liste des espèces de mollusques continentaux observés au sein du périmètre Natura 2000 (PN 2000) et son bassin versant (BV). Les espèces sont présentées par ordre alphabétique : * : espèces aquatiques.

Espèce	PN 2000	BV	PN 2000	BV
<i>Acanthinula aculeata</i> (O.F. Müller, 1774)		X	<i>Jamina quadridens</i> (O.F. Müller, 1774)	X
<i>Acroloxus lacustris</i> (Linnaeus, 1758)*	X		<i>Lehmannia marginata</i> (O.F. Müller, 1774)	X
<i>Aegopinella cf. nitens</i> (Michaud, 1831)		X	<i>Limax</i> sp.	X
<i>Aplexa hypnorum</i> (Linnaeus, 1758)*	X		<i>Malacolimax tenellus</i> (O.F. Müller, 1774)	X
<i>Arion cf. fuscus</i> (O.F. Müller, 1774)	X	X	<i>Merdigera obscura</i> (O.F. Müller, 1774)	X
<i>Arion circumscriptus</i> Johnston, 1828		X	<i>Morlina glabra</i> (Rossmässler, 1835)	X
<i>Carychium minimum</i> O.F. Müller, 1774	X		<i>Oxyloma elegans</i> (Risso 1826)	X
<i>Cepaea nemoralis</i> (O.F. Müller, 1774)	X		<i>Phenacolimax major</i> (A. Férussac, 1807)	X
<i>Chondrina avenacea</i> (Bruguière, 1792)		X	<i>Pisidium casertanum</i> (Poli, 1791)*	X
<i>Clausilia rugosa</i> (Draparnaud, 1801)		X	<i>Pisidium obtusale</i> (Lamarck, 1818)*	X
<i>Cochlicopa lubrica</i> (O.F. Müller, 1774)	X		<i>Pisidium</i> sp.*	X
<i>Cochlodina fimbriata</i> (Rossmässler, 1835)		X	<i>Punctum pygmaeum</i> (Draparnaud, 1801)	X
<i>Deroceras laeve</i> (O.F. Müller, 1774)	X		<i>Pupilla</i> sp. aff. <i>pratensis</i> (Clessin, 1871)	X
<i>Deroceras reticulatum</i> (O.F. Müller, 1774)	X		<i>Pupilla triplicata</i> (S. Studer, 1820)	X
<i>Deroceras</i> sp.	X		<i>Pyramidula pusilla</i> (Vallot, 1801)	X
<i>Euconulus fulvus</i> (O.F. Müller, 1774)		X	<i>Stagnicola corvus</i> (Gmelin 1821)*	X
<i>Euconulus praticola</i> (Reinhardt, 1883)	X		<i>Tandonia rustica</i> (Millet, 1843)	X
<i>Euomphalia strigella</i> (Draparnaud 1801)	X		<i>Trochulus hispidus</i> (Linnaeus, 1758)	X
<i>Galba truncatula</i> (O.F. Müller, 1774)*	X		<i>Vallonia costata</i> (O.F. Müller, 1774)	X
<i>Granaria variabilis</i> (Draparnaud, 1801)		X	<i>Vallonia pulchella</i> (O.F. Müller, 1774)	X
<i>Gyraulus crista</i> (Linnaeus, 1758)*	X		<i>Vertigo angustior</i> Jeffreys 1830	X
<i>Helicigona lapicida</i> (Linnaeus, 1758)		X	<i>Vertigo antivertigo</i> (Draparnaud 1801)	X
<i>Helicodonta obvoluta</i> (O.F. Müller, 1774)		X	<i>Vertigo pygmaea</i> (Draparnaud 1801)	X
<i>Hippeutis complanatus</i> (Linnaeus, 1758)*	X		<i>Vitrina pellucida</i> (O.F. Müller, 1774)	X

Bassin versant

Vingt-cinq espèces de gastéropodes terrestres, toutes récoltées vivantes, ont été observées par l'étude de 13 stations réparties dans le bassin versant du site Natura 2000 (Tableau 1). Cinq sont des limaces et 20 des escargots.

Globalement, la liste des espèces du bassin versant est dominée par des taxons forestiers et/ou rupicoles. Quelques espèces, telles que *Jamina quadridens* (O.F. Müller, 1774), *Granaria variabilis* (Draparnaud, 1801), *Pupilla triplicata* (S. Studer, 1820) et *Chondrina avenacea* (Bruguière, 1792) sont des espèces héliophiles et xéro-thermophiles. Leurs présences au sein du bassin versant restent toutefois localisées à des biotopes très circonscrits.

On note que l'identité spécifique des individus du genre *Limax* observés dans le bassin versant nécessite d'être élucidée. En effet, la vérification des organes génitaux des spécimens récoltés n'a pu être effectuée du fait que les spécimens récoltés n'ont pas résistés au transport. Sur le plan morphologique, les individus rencontrés semblent proches de *Limax cinereoniger* Wolf, 1803. On peut également souligner la présence d'une *Arion* proche morphologiquement d'*Arion fuscus* (O.F. Müller, 1774), ainsi que d'une *Aegopinella* très proche d'*Aegopinella nitens* (Michaud, 1831) qui restent à déterminer.

Aucune espèce remarquable ou déterminante au sens de la typologie ZNIEFF de Gargominy & Ripken (1999), ainsi qu'au titre de la Directive Habitat, n'a été identifiée dans le bassin versant lui-même.

Discussion

Site Natura 2000

Le lac de Saint Léger a fait l'objet de recherches paléocéologiques, en particulier sur les mollusques aquatiques conservés dans la tourbe (Digerfeldt *et al.* 1997). Selon ces auteurs, la composition de la malacofaune aquatique varie au cours de l'Holocène et ils indiquent la présence de *Valvata piscinalis* (O.F. Müller, 1774) et *Gyraulus laevis* (Alder, 1838) dans certains niveaux de tourbe du lac. Ces deux espèces sont à ce jour absentes des milieux aquatiques du site (Digerfeldt *et al.* 1997). Six autres espèces sont également présentes dans les niveaux de tourbe (*Hippeutis complanata*, *Armiger crista* (= *Gyraulus crista*), *Pisidium obtusale*, *P. milium*, *Acroloxus lacustris* et *Lymnaea palustris*). Ces taxons ont également été observés vivants dans les milieux aquatiques du lac lors de l'étude de 1997. La liste d'espèce dressée dans le cadre du présent inventaire est quasi-équivalente à celle dressée par ces auteurs. On notera toutefois que *P. milium* n'a pas été trouvé dans le cadre de l'inventaire, alors que *P. casertanum* a été identifié dans les dépressions temporaires. De même, Digerfeldt *et al.* (1997) ne mentionnent pas *A. hypnorum* et *G. truncatula*, alors qu'ils ont ici été trouvés dans les dépressions temporaires. Enfin, *Lymnaea palustris* décrite par Digerfeldt *et al.* (1997) correspond vraisemblablement à *S. corvus*, dont la validité taxonomique a été reconnue après l'étude paléocéologique.

À notre connaissance, il existe peu d'études synthétiques sur la malacofaune des tourbières alcalines en France, qu'elles soient d'altitude ou de plaine. Par ailleurs, il est difficile de comparer la richesse spécifique observée ici avec les

résultats obtenus sur d'autres sites. En effet, sur les résultats disponibles en France, l'effort consenti pour dresser les listes d'espèces de mollusques des tourbières n'est pas précisé. La comparaison des richesses spécifiques de différents sites ne peut être effectuée de manière rigoureuse qu'à effort d'observation équivalent obtenu au moyen de courbes de raréfaction (Colwell *et al.* 2004).

Le faible nombre de taxons dulçaquicoles dans les milieux est sûrement lié au caractère particulièrement oligotrophe des eaux du lac. En effet, des eaux légèrement eutrophes sont particulièrement favorables aux peuplements de mollusques aquatiques (Mouthon 1982). On notera par ailleurs qu'aucun autre invertébré (insectes aquatiques en particulier) n'a été récolté dans le lac. Le caractère particulièrement fluctuant des eaux du lac, ainsi que le caractère temporaire des eaux dans les dépressions des parties hautes de la tourbière, peuvent être également suggérés comme des facteurs explicatifs de cette faible richesse de la malacofaune aquatique.

La liste des taxons terrestres du lac a une composition faunistique assez identique à celle décrite par exemple par Cucherat & Vanappelghem (2003), dans une tourbière alcaline alluviale du Nord de la France. Dans ce cas, 66% des espèces observées dans les milieux tourbeux l'ont également été par Cucherat & Vanappelghem (2003), alors que les deux sites ont des habitats et une origine différents. À notre connaissance, *V. angustior* n'avait jamais été mentionné des Alpes-de-Haute-Provence, ni d'une tourbière d'altitude et alpine en France. Il s'agit donc ici d'une localité remarquable sur le plan biogéographique. *V. angustior* est une espèce ayant une répartition essentiellement centre-européenne (Cameron *et al.* 2003), les populations françaises correspondant à la limite occidentale de son aire de répartition.

En Europe, *V. angustior* est à la fois inféodé aux milieux dunaires côtiers, aux tourbières alcalines et aux pavements rocheux calcaires, plus rarement aux suintements calcaires (Cameron *et al.* 2003). Au niveau du lac de Saint Léger, l'habitat fréquenté est très proche de celui rapporté par Cucherat & Boca (2007) dans le marais de Sacy-le-Grand dans le département de l'Oise. Cependant, l'objet principal de l'étude menée dans le cadre du site Natura 2000 ayant été de réaliser un inventaire complet de la malacofaune, des questions demeurent concernant les préférences écologiques de *V. angustior* et sur les menaces potentielles sur les populations locales.

Ces données sont en effet indispensables pour mettre en place des mesures de conservation de l'espèce sur le site. Néanmoins, la fauche et le pâturage des prairies à Molinie où l'espèce a été observée pourraient représenter une menace pour *V. angustior* par la destruction ou l'altération de son habitat. Ainsi, des études effectuées en milieux dunaires (Cucherat *et al.* 2006a, b) ont montré l'impact négatif des fauches conservatoires des pannes dunaires sur les populations de l'espèce.

Autour de la tourbière (Figure 3), la coupe d'une bande de végétation correspondant, par son caractère humide, à des habitats à *V. angustior* a été observée. Bien que la fauche soit actuellement marginale et n'affecte qu'une mince bande de végétation de la tourbière, il est à craindre que la poursuite et l'extension de cette pratique, liée au comblement et à la stabilisation de la tourbière, soient des facteurs aggravants pour la pérennité de la population de ce gastéropode en réduisant la surface en habitats favorables.

L'habitat des *Pupilla* récoltées dans la tourbière du lac est en complet accord avec celui décrit pour *Pupilla pratensis* par von Proschwitz *et al.* (2009). Toutefois, la comparaison avec des spécimens types est nécessaire pour asseoir l'identification compte tenu de la forte variabilité morphologique de *Pupilla muscorum* (Linnaeus, 1758), espèce avec laquelle *P. pratensis* été jusqu'à ce jour mise en synonymie. Dans le cas où il s'agirait de *P. pratensis*, ce serait la première mention de l'espèce pour le territoire métropolitain.

Bassin versant

La malacofaune présente dans le bassin versant du site Natura 2000 est, par rapport à d'autres secteurs de la région PACA (Gargominy & Ripken 1999, 2006, Gargominy 2002), relativement peu riche en espèces. La comparaison entre les résultats observés et les autres inventaires disponibles ne peut, néanmoins, être effectuée qu'à effort d'observation comparable comme nous l'avons vu précédemment. Il n'est donc pas possible d'évaluer les différences entre la malacofaune observée ici et celle rapportée dans d'autres parties de l'arc alpin, ainsi que de déterminer les causes des différences. Toutefois, les conditions météorologiques (chaleur et la sécheresse) rencontrées lors de l'étude n'étaient pas favorables à l'observation des mollusques terrestres. L'inventaire du bassin versant ne peut donc être considéré ici comme complet.

Sur la base des données recueillies dans le bassin versant du lac, il n'y a, à ce jour, pas d'espèces d'intérêt patrimonial. Toutefois, l'approfondissement des recherches, notamment sur les limaces pourrait montrer la présence de taxons endémiques à l'arc alpin. En effet, bien que les *Limax* rencontrées dans le bassin versant aient des ressemblances avec *Limax cinereoniger* Wolf, 1803, il n'est pas certain que les individus observés appartiennent à cette dernière espèce. Il

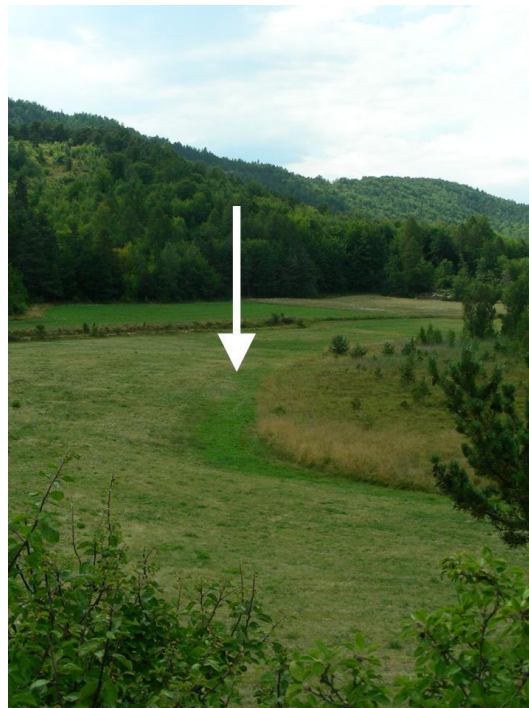


Figure 3 — Vue sur la partie méridionale de la tourbière du lac de Saint Léger. La flèche montre l'habitat fauché de *V. angustior*.

se peut qu'il s'agisse d'une *Limax* non encore décrite ou qui reste à valider sur le plan taxonomique. Pour cela, des investigations sur les appareils génitaux ainsi que sur le comportement de l'accouplement sont nécessaires.

Conclusion

L'inventaire des mollusques du site Natura 2000 du Lac de Saint Léger et de son bassin versant a permis de dresser une liste de 31 espèces, avec notamment la présence de *V. angustior* au niveau de la tourbière, première preuve d'une population vivante de l'espèce en région PACA et première mention de cet escargot pour les Alpes-de-Haute-Provence.

S'agissant d'un inventaire qualitatif, il n'a pas été possible d'étudier l'écologie de ce *Vertigo* sur le site. Même si cette écologie semble assez proche de certaines populations des tourbières alcalines de plaine (Cameron *et al.* 2003, Cucherat & Boca 2007), un approfondissement des connaissances de ses exigences écologiques sur le site paraît important, surtout dans le cadre de la mise en place des mesures de conservation. Par ailleurs, la présence de milieux comparables à celui du lac de Saint Léger dans ce secteur des Alpes laisse penser à la présence de l'espèce ailleurs dans la région PACA. Cette situation n'est pas sans rappeler celle de *Quickella arenaria* (Potiez & Michaud, 1835), espèce remarquable pour la région PACA, (voir Gargominy & Ripken, 1999), normalement inféodée aux dépressions humides d'arrière-plage mais avec des occurrences localisées aux tourbières alpines d'altitude.

L'engagement d'inventaires malacologiques de ces milieux dans la région permettrait d'améliorer les connaissances d'une faune très originale et d'établir un plan global de conservation des populations de *V. angustior* à une échelle plus vaste.

Remerciements — Nous tenons spécialement à remercier Lionel Quelin, des Espaces Naturels de Provence (CEEP), pour sa confiance dans la tenue de cette étude et pour nous avoir fourni l'ensemble des informations dont nous avons eu besoin au cours de cette étude.

Références

- Cameron, R. A. D., Colville, B., Falkner, G., Holyoak, G. A., Hornung, E., Killeen, I. J., Moorkens, E. A., Pokryszko, B. M., Von Proschwitz, T., Tattersfield, P. & Valovirta, I. 2003. Species accounts for snail of the genus *Vertigo* listed in Annex II of the Habitats Directive: *V. angustior*, *V. genesii*, *V. geyeri* and *V. moulinsiana* (Gastropoda: Pulmonata: Vertiginidae). *Heldia*, 5 (7) : 151-170.
- Colwell, R. K., Mao, C. X. & Chang, J. 2004. Interpolating, extrapolating, and comparing incidence-based species accumulation curves. *Ecology*, 85 (10) : 2717-2727.
- Cucherat, X. & Boca, F. 2007. Bilan des connaissances sur les espèces de Mollusques continentaux de la Directive "Habitat-Faune-Flore" dans la région Picardie pour la période 1994-2007. *MalaCo*, 4 : 164-175.
- Cucherat, X., Elleboode, C. & Raavel, P. 2006a. Étude sur la répartition et l'écologie de *Vertigo angustior* Jeffreys 1830 dans la Dune fossile de Ghyvelde - Phase 1 -. GREET Ingénierie/Conseil Général du Département du Nord. 40 pp. Audinghen.
- Cucherat, X., Elleboode, C. & Raavel, P. 2006b. Étude sur la répartition et l'écologie de *Vertigo angustior* Jeffreys 1830 dans les dunes Dewulf, Marchand et du Perroquet - Phase 1 -. GREET Ingénierie/Conseil Général du Département du Nord. 62 pp. Audinghen.
- Cucherat, X. & Vanappelghem, C. 2003. Les Mollusques continentaux du marais de Roussent (Pas-de-Calais, France) - Contribution à la connaissance des mollusques continentaux du site Natura 2000 FR3100492. *Le Héron*, 36 (4) : 249-254.
- Digerfeldt, G., de Boullieu, J.-L., Guiot, J. & Mouthon, J. 1997. Reconstruction and paleoclimatic interpretation of Holocene lake-level changes in Lac de Saint-Léger, Haute-Provence, southeast France. *Palaeo*, 136 : 231-258.
- Falkner, G., Ripken, T. E. J. & Falkner, M. 2002. Mollusques continentaux de France. Liste de référence annotée et Bibliographie. Patrimoines naturels, Paris. (Publications Scientifiques du M.N.H.N.) : 350 pages.
- Gargominy, O. 2002. Prospections naturalistes sur sites Natura 2000 : allers et retours entre systématique et conservation. In: Falkner, M., Groh, K. & Speight, M.C.D., *Collectanea Malacologica - Festschrift für Gerhard Falkner*. 531-545. Bad Kreuznach. (Conchbooks).
- Gargominy, O. & Ripken, T. E. J. 1999. Inventaire des Mollusques d'intérêt patrimonial de la région PACA - Programme d'actualisation des ZNIEFF PACA. Conservatoire Études des Ecosystèmes de Provence - Alpes du Sud / Laboratoire de Biologie des Invertébrés Marins et Malacologie - MNHN. 20 pp. Paris.
- Gargominy, O. & Ripken, T. E. J. 2006. Données nouvelles sur les mollusques (Mollusca, Gastropoda) du Parc national du Mercantour (France). *MalaCo*, 3 : 109-139.
- Garnier, M. 1966. Valeurs normales des hauteurs de précipitation en France. *Monographies de la Météorologie Nationale*, 55 : 1-110.
- Gaussen, H. 1952. L'indice xérothermique. *Bulletin de l'Association de Géographie Française*, 222/223 : 10-16.
- Jorda, M. 1972. Etude des formations glaciaires de la région de Seyne (Alpes de Haute Provence). *Méditerranée*, 2 : 51-72.
- Mouthon, J. 1982. Les mollusques dulcicoles - Données biologiques et écologiques - Clés de détermination des principaux genres de Bivalves et de Gastéropodes de France. *Bulletin Français de Pisciculture*, 54 (Numéro spécial) : 1-27.
- Ozenda, P. 1966. Perspectives nouvelles pour l'étude phytogéographique des Alpes du Sud. *Carte de Végétation des Alpes*, 4 : 1-198.
- von Proschwitz, T., Schander, C., Jueg, U. & Thorkildsen, S. 2009. Morphology, ecology and DNA-barcoding distinguish *Pupilla pratensis* (Clessin, 1871) from *Pupilla muscorum* (Linnaeus, 1758) (Pulmonata: Pupillidae). *Journal of Molluscan Studies*, 75 (4) : 315-322.

Soumis le 29 janvier 2010 ;

Accepté le 28 mars 2010.

Prié, V., Bousquet, P., Serena, A., Tabacchi, E., Jourde, P., Adam, B., Deschamps, T., Charneau, M., Tico, T., Bramard, M. & Cochet, G. 2010. Nouvelles populations de Grande Mulette *Margaritifera auricularia* (Spengler, 1793) (Bivalvia, Margaritiferidae) découvertes dans le Sud-ouest de la France. *MalaCo*, 6 : 294-297.

Article publié sur www.journal-malaco.fr (ISSN 1778-3941)

Nouvelles populations de Grande Mulette *Margaritifera auricularia* (Spengler, 1793) (Bivalvia, Margaritiferidae) découvertes dans le Sud-ouest de la France

Newly discovered populations of giant pearl mussel *Margaritifera auricularia* (Spengler, 1793) (Bivalvia: Margaritiferidae) in south-west France

Vincent PRIÉ¹, Philippe BOUSQUET¹, Alain SERENA², Eric TABACCHI³, Philippe JOURDE⁴, Benjamin ADAM¹, Thierry DESCHAMPS², Mathieu CHARNEAU², Thierry TICO², Michel BRAMARD² & Gilbert COCHET⁵

¹ Biotope, service Recherche et Développement, 22 Bd Maréchal Foch 34 530 Mèze

² ONEMA, Directions Orléans-Poitiers et Toulouse, S.D. 09, 16, 31, 40

³ EcoLab, 29 rue Jeanne Marvig, BP 24349, 31055 Toulouse cedex 4

⁴ LPO Fonderies Royales, 8 rue du Docteur Pujos, BP 90263, 17305 Rochefort

⁵ Le Village, 07130 Saint-Romain-de-Lerps

Correspondance : vprie@biotope.fr

Résumé — La Grande Mulette *Margaritifera auricularia* (Spengler 1793) est une espèce en danger critique d'extinction. Le Plan d'action européen recommandait de réaliser l'inventaire du sud-ouest de la France en priorité. Une première phase de prospection dans cette région a été réalisée par le bureau d'études Biotope avec le concours des agents de l'Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques (ONEMA) en 2010, avec le soutien de l'Agence de l'Eau Adour-Garonne. Elle a permis de découvrir cinq nouvelles populations, ce qui porte à neuf le nombre de localités (*sensu* IUCN) connues actuellement dans le monde. Trois de ces populations sont sénescentes ou insuffisamment étudiées, mais les populations de la Dronne et du Luy ont des effectifs importants et semblent avoir recruté récemment.

Mots-clés — *Margaritifera auricularia*, France, nouvelles localités

Abstract — The giant pearl mussel *Margaritifera auricularia* (Spengler 1793) is a critically endangered species. The European action plan recommended the survey of south-west France as a priority. A first survey was conducted in 2010 by Biotope consultancy with the help of the ONEMA (Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques) staff, with financial support of the Adour-Garonne Water Agency. This survey allowed discovering five new populations, raising to nine the number of worldwide known locations (*sensu* IUCN). Three of these populations are ageing or insufficiently studied, but the Dronne and the Luy populations are important and seem to have recruited recently.

Keywords — *Margaritifera auricularia*, France, new locations

Introduction

La Grande Mulette *Margaritifera auricularia* (Spengler 1793) était considérée comme disparue avant sa redécouverte en Espagne dans l'Ebre (Altaba 1990, Araujo & Ramos 1996), puis en France dans la Charente (Nienhuis 2003), la Creuse et la Vienne (Cochet 2001). Le Plan européen d'action pour la Grande Mulette (Araujo & Ramos 2001) plaçait la prospection du sud-ouest de la France parmi les priorités. Suite à sa redécouverte récente en France et aux efforts subséquents pour inventorier les dernières populations de Grandes Mulettes *Margaritifera auricularia* (Spengler 1793) en France (ex. Cochet 2002, Prié *et al.* 2007, Prié *et al.* 2008, Biotope 2009), un inventaire de large envergure est conduit actuellement dans le sud-ouest de la France par le bureau d'études Biotope avec le concours des agents de l'Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques (ONEMA) et le soutien financier de l'Agence de l'eau Adour-Garonne. La première phase de cet inventaire a consisté en une modélisation des conditions favorables à la Grande Mulette à partir des caractéristiques physico-chimiques des stations connues, historiques et actuelles. Cette modélisation a permis d'identifier quelques 3 000 km de linéaire de cours d'eau potentiellement favorables à la Grande Mulette dans le sud-ouest de la France. Une prospection systématique de ces linéaires de cours d'eau a été réalisée entre Juin et Septembre 2010 avec pour objectif de vérifier sur le terrain leurs potentialités écologiques et de réaliser les premières prospections à l'aide d'aquascopes (Figure 1). Nous avons ainsi retrouvé cinq populations de Grandes Mulettes vivantes, sur la Save (affluent de la Garonne), sur le Luy (affluent de l'Adour), sur l'Adour, sur la Dronne (affluent de la Dordogne) et sur le Lary (affluent de la Dronne). Ces nouvelles stations sont brièvement décrites ci-après. Les coordonnées des stations sont données selon la projection Lambert II carto, en mètres.

Résultats

L'Adour

Audon [345115 ; 1870532], 1/09/2010 (A.S.) ; Bernède [393 251 ; 1 856 030], 2009 (E.T.).

Les premiers indices de présence de Grande Mulette ont été les coquilles trouvées tout au long de l'année 2009 sur les communes d'Audon, Gouts et Onard. En septembre 2010, profitant de débits faibles et d'une certaine limpidité de l'eau, nous sommes retournés à Audon sur le site où les coquilles étaient les plus nombreuses. Un seul individu a été trouvé vivant. Le faciès d'écoulement à l'étiage est un plat courant de 70 cm de profondeur. La granulométrie dominante est assez fine par rapport au gabarit et à l'énergie de ce cours d'eau, ce qui traduit l'impact des extractions de granulats. Cette granulométrie va de sable (62.5 à 550 microns à pierres fines (64 128 mm). Le colmatage de surface par des argiles et limons plus ou moins organiques est assez important et traduit le fort impact des zones agricoles de l'aval de l'Adour ainsi que l'érosion des berges consécutive aux réajustements morphologiques au sein du lit mineur. Les faciès plus profonds (supérieurs à 1m) restent à prospecter. L'Adour est un fleuve subissant des pollutions agricoles diffuses et dont l'hydromorphologie est impactée par les extractions encore récentes de granulats. L'aval de l'Adour apparaît très dégradé avec une granulométrie dominante très diminuée (très peu de pierres) et un colmatage organique sévère. La présence en abondance de la *Gambusia holbrooki* Girard, 1859, poisson hôte potentiel, est à signaler sur le cours d'eau. Des prospections complémentaires à pied ont permis de trouver, début octobre 2010, des coquilles sur un tronçon allant de Saint Jean de Lier à Mugron.

Le Canal du Moulin de Bernède est une dérivation très ancienne qui relie, après 2 km de linéaire, l'Adour et le Léés (l'arrivée du canal se situe environ à 1 km en amont du confluent Léés-Adour). A plein bord, le canal débite entre 1,1 et 1,8 m³.s⁻¹. Il peut connaître des étiages très sévères, qui sont moins accentués depuis une vingtaine d'années en raison de la réfection du seuil de l'Adour. Il bénéficie d'un ombrage assez important, essentiellement de l'aulne glutineux, et traverse un paysage agricole (maïsiculture). Le substrat est globalement limono-sableux, mais les dépressions où ont été observées les Grandes Mulettes ont un substrat dominé par des graviers et des galets de faible granulométrie. Les mulettes n'ont été observées que dans la partie amont du canal. Dans les années 75, elles étaient très abondantes, mais ne comptaient déjà que des individus de grande taille (de 150 à 220 mm). Les densités (de l'ordre de 0,5 à 1 individu par m²) ont régressé de façon modérée dans les années 80-85, puis plus intensément à partir des années 2000. Lors de la dernière visite (2009) seulement une dizaine d'individus ont été observés sur un tronçon de 200 m.

Le Luy

Saugnac-et-Cambran [329 955 ; 1 857 936], 02/09/2010 (V.P.) & 7/10/2010 (A.S.).

La présence de Grandes Mulettes dans le Luy a été signalée par MM. Dupin suite à un article de presse publié en 2010. Nous sommes allés à deux reprises sur cette station pour vérifier si une population vivante subsistait. En juin, le niveau de l'eau, la force du courant et la turbidité rendaient encore toute prospection impossible. Au maximum de l'étiage à la fin août, les eaux étaient limpides et le niveau était tombé à quelques dizaines de centimètres seulement, rendant les prospections très faciles. La population découverte s'étend d'un ancien gué à l'amont à une mouille à l'aval, soit environ 500m. Quelques 150 individus vivants ont été observés sur ce court linéaire. Les différentes classes de taille observées parmi les individus vivants semblent indiquer que la population a recruté jusqu'à une période relativement récente (Figure 2B). Comme observé sur toutes les stations de France, les Grandes Mulettes vivent sur un substrat graveleux, ici à très faible profondeur. Lors d'étiages sévères, les Grandes Mulettes se sont trouvées complètement exondées et, se déplaçant à la recherche de conditions plus propices, étaient victimes des corneilles (X. & B. Dupin, com. pers.).

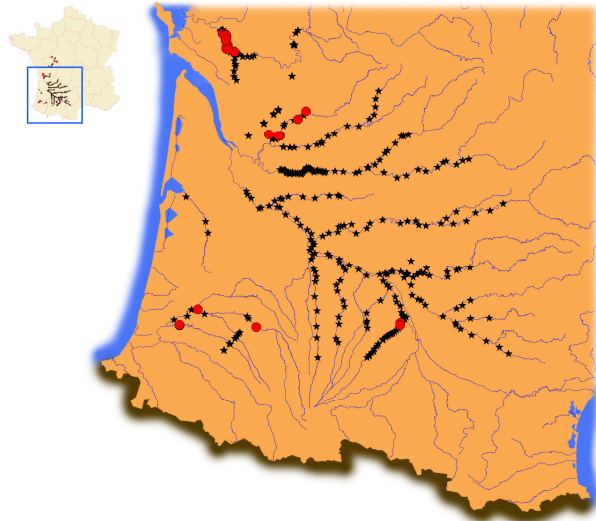


Figure 1 — Prospections réalisées dans le sud-ouest de la France entre 2008 et 2010. **Points rouges** populations vivantes, **Etoiles** sites prospectés

La Save

Montaigu-sur-Save [511 853 ; 1 857 679], 17/06/2010 (P.B.) ; Larra [512 029 ; 1 859 573], 14/03/2008 (T.T.) & 18/08/2010 (P.B. & B.A.).

Les premières coquilles de Grandes Mulettes ont été découvertes sur la Save par JM Bichain & H. Cap en 2003 (Bichain 2005). Les valves étaient apparemment récentes, soulevant l'hypothèse qu'une population puisse perdurer dans la Save. Nous avons en conséquence prospecté particulièrement ce cours d'eau très agricole (essentiellement du maïs et du tournesol, des cultures qui exigent beaucoup d'eau). De nombreux seuils ont été construits dans la rivière pour l'irrigation, le cours d'eau est aujourd'hui très dégradé, avec un fond la plupart du temps vaseux et une alternance de radiers avec très peu d'eau. Les prospections sont en conséquences difficiles (mauvaise visibilité, alternance de zones profondes et de zones

presque à sec à l'étiage) et le nombre d'individus vivants est probablement sous-estimé. Deux adultes vivants ont été observés et plusieurs dizaines de coquilles récoltées, principalement à l'aval. Les individus de la Save ont une coquille très massive en comparaison des populations connues ailleurs en France (Figure 2C). La population de la Save semble mourante bien que les secteurs les plus amont aient conservé des méandres avec une granulométrie en moyenne plus grossière que sur l'Adour. Ce secteur n'est pas directement soumis à l'influence d'un ouvrage, mais à une cinquantaine de km à l'aval le premier ouvrage sur l'axe condamne l'accès à un poisson hôte amphihalín.

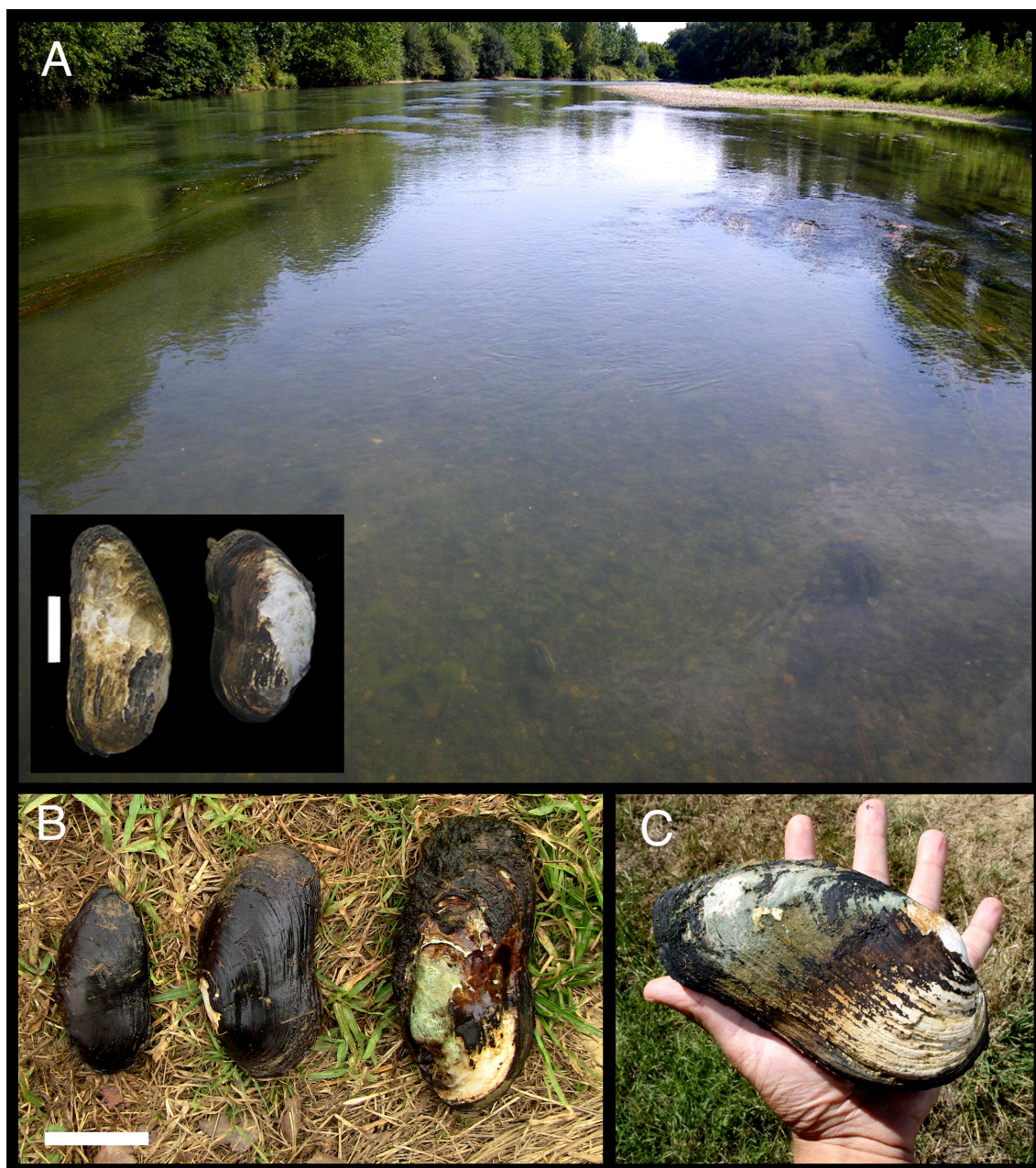


Figure 2 — A. La station de l'Adour et les coquilles collectées (échelle : 5 cm) ; B. Différentes classes de tailles d'individus observés vivants sur le Luy (échelle : 5 cm) ; C. Une coquille récoltée sur la Save, d'une morphologie particulièrement massive (même échelle que B).

La Dronne

La Barde [412 828 ; 2 013 961], 30 aout 1999 (P.J.) et [411 585 ; 2 013 829], 6 Juin 2000 (P.J.) ; toujours présents en 2009 (P.J.) ; *Bonnes* [428 436 ; 2 028 155], 24/09/2010 (T.D. & M.C.) ; *Petit-Bersac* [434 258 ; 2 034 280], 29/09/2010 (T.D. & M.C.) ; *La Clotte* [403 768 ; 2 014 956], 06/2008 (P.J.)

De nombreux fragments de coquilles et parfois des valves toujours liées par le ligament ont été collectés tout au long de la Dronne, entre Petit Bersac à l'amont et la confluence avec l'Isle (commune de Lagorce) à l'aval. A ce jour, 3 sites distants de 15 à 25 km sont connus sur la Dronne ; des individus vivants ont été observés sur les communes de Bonnes, de Petit Bersac et de La Barde. Cette dernière population semble la plus importante et de jeunes individus y ont été observés. Le profil du cours d'eau est le plus souvent en forme de « U » à l'amont, avec des berges terreuses. Le lit de la rivière est souvent composé de graviers, de cailloux, de galets, de vase et de sable. A l'aval, la Dronne présente un faciès de gros blocs

rocheux colmatés par des sédiments fins, une eau transparente et une très faible profondeur à l'étiage. Quelques fosses non prospectées pourraient également héberger des Grandes Mulettes.

Sur le Lary, affluent de la Dronne, un individu vivant a été récolté à la drague. Le Lary, est une rivière complètement bordée d'arbres, à substrat sableux mais avec des passages sur des affleurements calcaires, notamment à la Clotte. Elle présente un cours assez naturel, redistribue son substrat de façon régulière, c'est une rivière dynamique avec des méandres et des variations de profondeurs importantes. L'eau est assez turbide en raison de l'extraction d'argiles à l'amont. L'unique individu observé se trouvait environ à 2m sous la surface de l'eau.

Discussion

Les populations décrites ici se situent sur cinq bassins versants différents : l'Adour, le Luy, la Save, la Dronne et le Lary. Au sens de l'UICN (2010), ces cinq cours d'eau constituent cinq nouvelles « localités », une localité étant définie comme « ... a geographically or ecologically distinct area in which a single threatening event can rapidly affect all individuals of the taxon present ». Dans le cas des cours d'eau, une pollution importante à l'amont par exemple peut entraîner l'extinction de toutes les populations ou sub-populations à l'aval. Ainsi, les populations de la Charente, de la Vienne, de la Creuse et de l'Ebre sont considérées selon l'UICN comme quatre localités distinctes. Notre inventaire dans le Sud-Ouest de la France double donc le nombre de localités connues dans le monde. La population la plus amont sur l'Adour ne se situe pas sur l'Adour même, mais sur un canal reliant l'Adour au Lées. Elle pourrait en conséquence être considérée comme une localité supplémentaire, une pollution sur l'Adour n'affectant pas nécessairement les eaux du canal.

La population de la Save est sénescence et la dynamique agricole alentour laisse peu d'espoir d'amélioration de l'habitat. La population de la Dronne semble importante et ce cours d'eau est moins dégradé que le précédent. Les fortes densités à l'aval et la découverte de jeunes individus laissent présager d'une population en relative bonne santé. La population du Luy dépasse la centaine d'individus et survit dans une rivière peu impactée par les activités humaines. Les effectifs sur l'Adour ne sont pas connus, un seul individu ayant été observé pour l'instant, mais la quantité de coquilles observées laisse présager d'une population relativement importante et étendue. La population de la Bernède (dérivation de l'Adour), la seule pour laquelle nous avons une dizaine d'années de recul, est en déclin drastique.

Considérant que les projections sur le bassin de l'Adour restent très ponctuelles jusqu'à présent et que de nombreux cours d'eau dans les alentours présentent des conditions similaires, les bassins versants de l'Adour et de la Dronne semblent aujourd'hui les plus prometteurs pour la conservation de la Grande Mulette dans le sud-ouest de la France. Il est primordial de compléter l'inventaire pour connaître avec précision la répartition des populations et d'alerter les gestionnaires pour limiter les aménagements qui pourraient impacter ces derniers noyaux du sud-ouest de la France. Si le poisson-hôte de la Grande Mulette est bien un migrateur, comme suspecté actuellement, le rétablissement de la continuité entre ces populations et la mer constituerait un objectif principal pour la conservation de l'espèce.

Remerciements — Dominique Tesseyre (Agence de l'Eau Adour-Garonne) qui a permis au projet d'inventaire du sud-ouest de la France de voir le jour ; Benoit & Xavier Dupin pour leurs informations et leur accueil lors des prospections sur le Luy.

Références

- Altaba, C. R. 1990. The Last Known Population of the Freshwater Mussel *Margaritifera auricularia* (Bivalvia, Unionoida): A Conservation Priority. *Biological Conservation* 52: 271-286.
- Araujo, R. & Ramos, M. A. 1996. The last living population of *Margaritifera auricularia* (Spengler, 1783). In : *Abstracts of Molluscan Conservation. A strategy for the 21st Century*. Seddon, M. B. & Killeen, I. (eds), National Museum & Gallery, Cardiff (Gales, England) : 1-2.
- Araujo, R. and M. A. Ramos (2001). Action plans for *Margaritifera auricularia* and *Margaritifera margaritifera* in Europe. Strasbourg, Council of Europe Publishing, 64pp.
- Bichain, J.-M. 2005. Découverte de valves de *Pseudunio auricularius* (Spengler, 1793) en Haute-Garonne. *MalaCo* 1: 8.
- BIOTOPE 2009. LGV Sud-Europe-Atlantique, études préalables au démarrage des travaux : investigation et expertises écologiques, Lot 3 : Mollusques. RFF, 70pp.
- Cochet, G. 2002. La Grande Mulette (*Margaritifera auricularia*) dans la Vienne et la Creuse. DIREN Centre & DIREN Poitou-Charente, rapport et atlas : 40+26 pp.
- Nienhuis 2003. The rediscovery of Spengler's freshwater pearl mussel *Pseudunio auricularius* (Spengler 1793) (Bivalvia, Unionidea, Margaritiferidae) in two river systems in France, with an analysis of some factors causing its decline. *Basteria* 67 : 67-86.
- Prié, V., Philippe, L. & Cochet, G. 2007. Evaluation de l'impact d'un projet de canal sur les naïades de l'Oise (France) et découverte de valves récentes de *Margaritifera auricularia* (Spengler, 1793) (Bivalvia : Margaritiferidae). *MalaCo* 4: 178-182.
- Prié, V., Cochet, G., Philippe, L., Rethoret H. & Filali R. 2008. Une population majeure de la très rare Grande Mulette *Margaritifera auricularia* (Spengler 1793) (Bivalvia : Margaritiferidae) dans le fleuve Charente (France). *MalaCo* 5: 230-239.
- IUCN Standards and Petitions Subcommittee. 2010. Guidelines for Using the IUCN Red List Categories and Criteria. Version 8.1. Prepared by the Standards and Petitions Subcommittee in March 2010. <http://intranet.iucn.org/webfiles/doc/SSC/RedList/RedListGuidelines.pdf>. Consulté en septembre 2010

Soumis le 25 septembre 2010 ;
Accepté le 4 novembre 2010.

Georges, P. & Charlier, P. 2010. Localisation préférentielle de *Cecilioides acicula* (O. F. Müller, 1774) dans deux tombes hellénistiques de Plinthine (Egypte). *MalaCo*, 6 : 298-302.
Article publié sur www.journal-malaco.fr (ISSN 1778-3941)

Localisation préférentielle de *Cecilioides acicula* (O. F. Müller, 1774) dans deux tombes hellénistiques de Plinthine (Egypte)

Concentrations of *Cecilioides acicula* (O. F. Müller, 1774) found in two Hellenistic graves at Plinthine (Egypt)

Patrice GEORGES¹, Philippe CHARLIER²

¹ Institut National de Recherches Archéologiques Préventives (INRAP), UMR 5199 du CNRS, PACEA – LAPP (Université de Bordeaux 1),
Base INRAP,
13, rue du Négoce, F-31650 Saint-Orens-de-Gameville

² Médecine légale et d'Anatomie/Cytologie Pathologiques, UMR 8164 du CNRS, HALMA-IPEL (Université Lille 3), Pavillon Vésale,
Hôpital universitaire
Raymond Poincaré (AP-HP, UVSQ), F-92380 Garches

Correspondance : patrice.georges@inrap.fr

Résumé — Lors de la fouille de la nécropole hellénistique de Plinthine, deux sépultures de surface, fouillées en 2008, ont livré des concentrations de *Cecilioides acicula* (O. F. Müller, 1774). Leurs localisations pourraient nous renseigner sur le traitement du corps et la nature des offrandes.

Mots clés — *Cecilioides acicula*, putréfaction, offrandes, sépulture, traitement du corps.

Abstract — During the 2008 archaeological investigations of the necropolis at Plinthine, two shallow graves containing concentrations of *Cecilioides acicula* (O. F. Müller, 1774) were excavated. Their presence could give us indications about the body's treatment before burial and the offerings.

Key-words — body's treatment, *Cecilioides acicula*, grave, offerings, putrefaction.

Introduction

Située à 42 km à l'ouest de la ville d'Alexandrie, la nécropole de Plinthine (Figure 1) est l'objet d'une fouille archéologique au sein de la Mission Française des Fouilles de *Taposiris Magna* (MFFTM), dirigée par la Prof. M.-F. Boussac (Université Nanterre Paris 10). Découvert par A. Adriani en 1937, en raison d'une fouille clandestine limitée l'année précédente (Adriani 1952), cet ensemble funéraire a par la suite été fouillé par le Service des Antiquités égyptien dans les années cinquante et quatre-vingt du siècle dernier. Aucune de ces interventions n'a toutefois véritablement porté sur l'étude des pratiques funéraires ; le corps et son traitement ne se trouvaient pas alors au cœur des problématiques de recherche. C'est aujourd'hui le cas dans le cadre de la MFFTM depuis 2000 (Georges 2002). A ce titre, tous les éléments pouvant nous apporter des informations sur la tombe sont recueillies.

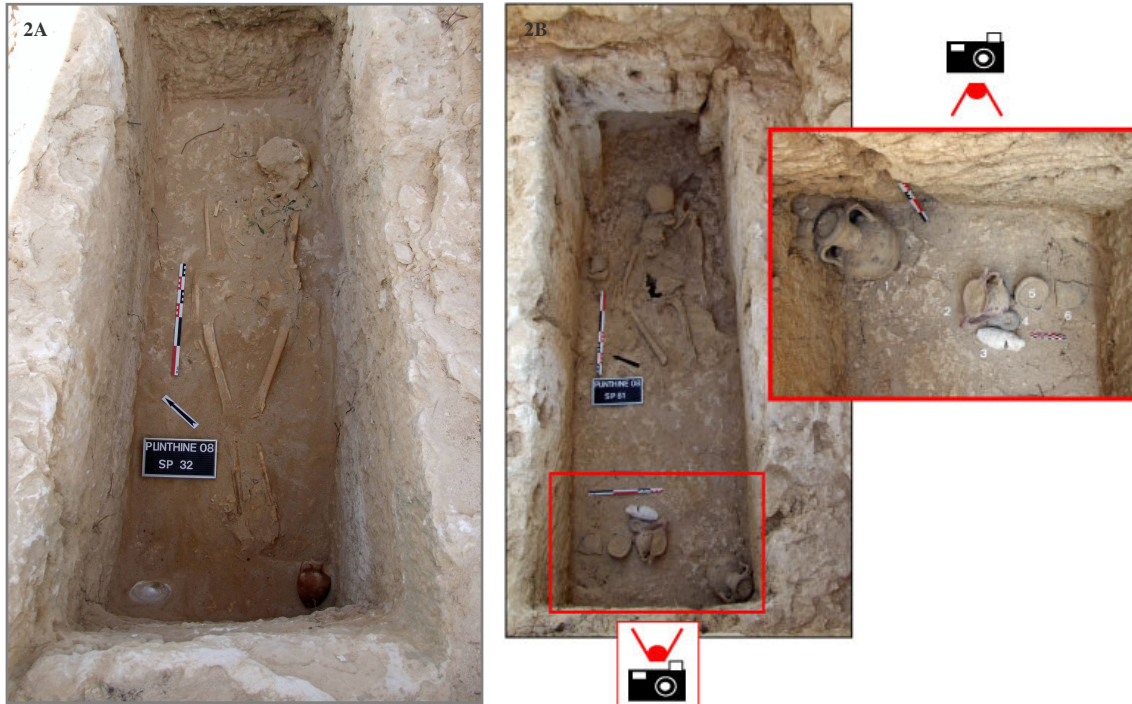


Figure 1 — La nécropole de Plinthine (Egypte) (MFFTM/ cl. Georges).

La mission menée en mai 2008 par l'un d'entre nous (PG) a notamment permis de fouiller trois sépultures dites de surface : sépultures 32, 81 et 86. Deux d'entre elles (sépultures 32 et 81) ont livré des individus de *Cecilioides acicula* (O. F. Müller, 1774), concentrés en différents endroits de ces deux sépultures. Ces localisations préférentielles semblent mettre en évidence la façon dont le corps a été traité et inhumé.

Matériel et méthodes

Les sépultures ont été fouillées selon les modalités de l'archéo-thanatologie, fondées sur l'ordre de dislocation des articulations et la mise en évidence d'anomalies dites taphonomiques (Duday 2005, Duday 2006, Duday & Guillon 2005). Les sépultures 32 et 81 (Figures 2A & 2B), taillées dans le rocher, sont situées dans la moitié ouest de la nécropole de Plinthine. Elles sont distantes de 0,75 m l'une de l'autre et sont globalement orientées nord-est/sud-ouest. Elles mesurent près de 2 m de long pour 1m ou plus de large. Leur profondeur excède le mètre. Elles étaient obturées par des dalles relativement calibrées, calées par des cailloux et des pierres de différents modules. Il s'agit de sépultures individuelles primaires comportant chacune un adulte allongé sur le dos, la tête au nord-est. L'analyse de la position des ossements, directement issus de la décomposition du corps, révèle que les corps ont initialement été placés dans des contenants, aujourd'hui disparus en raison des conditions hygrométriques singulières de cette région de l'Égypte (Georges *et al.* 2003).



Figures 2 — Les sépultures de la nécropole de Plinthine. **2A.** La sépulture 32 (MFFTM / cl. P. Georges) ; **2B.** La sépulture 81 (MFFTM / cl. P. Georges).

Hormis le sable infiltré récemment, notamment lors de l'enlèvement des blocs, le comblement de ces sépultures est essentiellement d'origine éolienne. Cependant, un sédiment plus brun, avec une granulométrie quelque peu différente, voire des petits cailloux calcaires (taille millimétriques), a été trouvé dans l'environnement immédiat des corps. Hormis les artefacts accompagnant le défunt, ces sépultures ont livré des *C. acicula* en relativement grand nombre. Notons d'ores-et-déjà qu'aucun individu n'avait jusqu'à présent été retrouvé dans toutes les autres tombes de surface fouillées jusqu'alors ; les recherches menées aux alentours de ces tombes, comme ailleurs dans la nécropole (sondages hors zone sépulcrale), se sont avérées infructueuses.

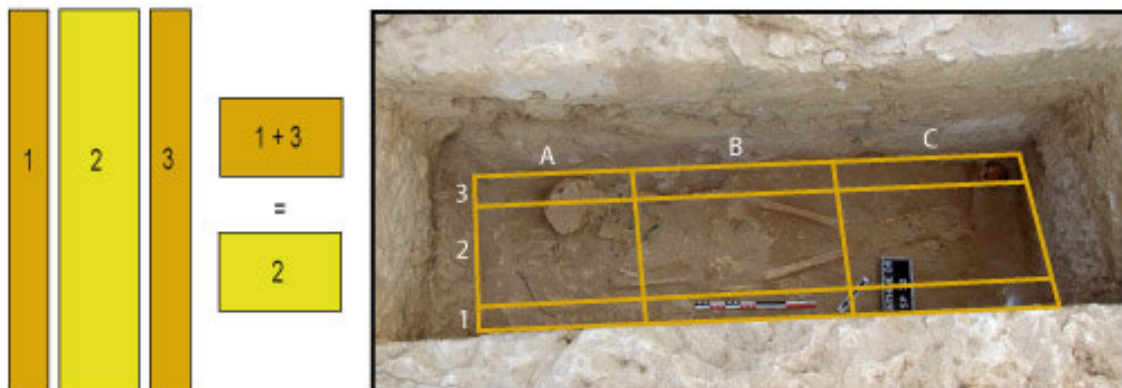


Figure 3 — Division de la sépulture 32 en carrés (MFFTM / DAO P. Georges).

C'est la fouille de la sépulture 81 qui a attiré notre attention sur la présence de ces gastéropodes. Ils se situaient *a priori* en deux endroits principaux de la sépulture : l'emplacement du thorax et la céramique n° 1, située à l'opposé de la sépulture. Mais, dans la mesure où nous n'avions pas élaboré de stratégie de prélèvement par sectorisation de la sépulture, nous ne pouvons pas dire combien d'individus il y avait précisément dans la région du thorax. En revanche, le tamisage du comblement des céramiques a montré qu'il y avait 50 individus dans la céramique n° 1, ainsi que 3 dans la céramique n° 3. Par ailleurs, nous ne pouvions pas être certains qu'il n'y avait aucun autre individu en dehors de ces deux sites principaux. C'est pourquoi nous avons opté pour une fouille fine par carré pour la sépulture suivante. La sépulture 32 a donc été divisée en 9 carrés (A, B et C en abscisse et 1, 2 et 3 en ordonnée) (Figure 3). Les bandes extérieures (A1, B1 et C1 ; A3, B3 et C3) *a priori* en dehors du volume du corps – le squelette est généralement déposé au centre de la fosse – représentent une surface égale à la bande centrale (emplacement du corps : A2, B2 et C2). Le sédiment a été prélevé 15 cm en avant des ossements – niveau d'apparition des premiers individus de *C. acicula* – et tamisé. A l'issue du tamisage, les gastéropodes ont été triés des autres éléments du sédiment à l'œil nu.

Résultats

Au total, 354 individus ont ainsi été isolés. Il apparaît nettement que la concentration de *C. acicula* est sans appel dans la bande centrale, là où se trouvait essentiellement le corps (Tableau 1 & Figure 4). Le carré correspondant peu ou prou au thorax comporte en effet à lui seul près de 43 % du total (N = 354). Si on considère la totalité de la bande centrale (A2, B2 et C2), c'est plus des trois quarts des *C. acicula* qui y ont été retrouvés. Il faut aussi préciser que les carrés A3 et B3 étaient occupés par une partie de la moitié supérieure du squelette. Certains individus retrouvés dans ces deux carrés proviennent donc certainement également du corps. La vase n° 2 ne comportait que 3 individus de *C. acicula*.

Tableau 1 — Répartition de *C. acicula* au sein de la sépulture 32

(S : 1 + 3 = 2)	1	2	3
A	0	45	7
B	12	152	53
C	3	70	12

Discussion

Si les groupes d'espèces de mollusques sont de très bons indicateurs écologiques, il a été démontré lors d'un colloque fondateur sur la méthodologie d'étude des sépultures (Duday & Masset 1987) que leur prise en compte pouvait également avoir un intérêt pour appréhender les pratiques funéraires (André 1987). L'utilisation de la faune malacologique à cette fin est toutefois relativement rare. Les informations que les mollusques peuvent apporter sur la taphonomie sont également considérées par la médecine légale (Karali 2008).

Si d'aucuns considèrent que les cadavres sont répulsifs pour les mollusques (André 1987), des exemples médico-légaux récents montrent le contraire. Les observations médico-légales autopsiques de cadavres ayant séjourné en terre à faible profondeur ou abandonnés en surface et découverts en état de putréfaction avancée ont livré des quantités relativement importantes de *C. acicula* (Dr Charlier communication personnelle). Il s'avère en effet que les replis adipeux constatés chez les individus obèses peuvent être la cause de poches d'air ou d'humidité ou d'épanchement liquidien favorisant l'attraction des mollusques précédemment cités.

Aussi lors de la putréfaction au niveau du thorax, un espace se crée entre les poumons, rétractés sur leurs hiles, et le grill costal, qui s'affaisse progressivement dans les cas de dépôt du corps dans un contenant. Dans cet espace se dépose le fluide de putréfaction issu de la liquéfaction des viscères. Particulièrement gras et riche en micro-éléments (Charlier *et al.* 2008), il sert de gîte aux espèces thanatophages, à commencer par les larves et les mollusques. La partie postérieure de l'abdomen (en avant des os coxaux et du sacrum) et la cavité crânienne peuvent remplir le même rôle de réceptacle emprisonnant le fluide de putréfaction. Lorsque les squelettes sont décharnés, les os recouverts d'une mince couche de moisissures qui attirent aussi *C. acicula*, mollusque friand de champignons. On les retrouve donc souvent en grand nombre au voisinage immédiat des squelettes inhumés (Baud 1982). Cette espèce fousseuse a des mœurs souterraines, comme les

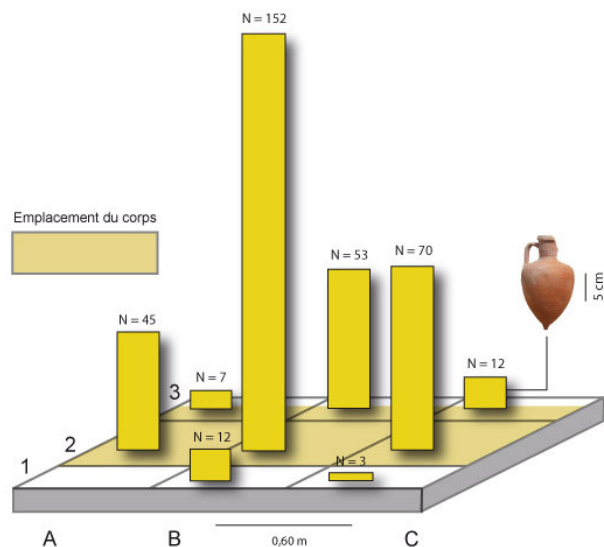


Figure 4 — Sépulture 32 : nombre d'individus de *C. acicula* par carré (MFFTM / DAO P. Georges).

autres espèces de la famille des Ferrussaciidés (Familia Ferrussaciidae Bourguignat, 1883) (Pfleger 1989) ; on la retrouve généralement en contexte calcaire autour des racines, dans les fissures, dans les vieux murs, les tas de pierre, les fourmilières etc. (Boulord *et al.* 2007). Elle est surtout connue en Europe centrale et en Europe du Sud, mais aussi présente le long du littoral méditerranéen de l'Égypte (Salama *et al.* 2005). Il semble donc ici que pour les deux individus, le corps – surtout le thorax – a joué le rôle de microsite attractif en raison de sa vacuité.

La recherche d'un milieu propre à son développement a déjà été remarquée en archéologie, en particulier pour ceux qui ont l'habitude de fouiller des sépultures. Il arrive en effet que l'on en trouve des dizaines d'individus à l'intérieur de crânes. Sur le site de Villedubert (Aude), le nombre total d'individus retrouvé dans un crâne était dix fois supérieur que dans les carrés environnants (André 1987). L'absence de concentration de *C. acicula* dans la boîte crânienne pourrait s'expliquer par les conditions climatiques. Si le régime pluviométrique est tel dans cette région de l'Afrique que les matériaux organiques ont tendance à disparaître sur la durée, les périodes de chaleur peuvent entraîner des momifications naturelles temporaires de tout ou partie du corps (Georges *et al.* 2003). Il apparaît en outre que dans ces conditions le crâne est aseptique (Goyon 1992). Cela pourrait être un élément d'explication de l'absence de concentration de *C. acicula* en cette topographie. Aussi, il a été montré que la boîte crânienne était relativement isolée lors de la putréfaction et que son contenu ne circulait pas (Charlier 2008) ; il ne se mélange pas ou très peu avec le fluide de putréfaction ambiant (abdominal, pelvien, thoracique) surtout lorsque le crâne est maintenu en position anatomique. Le *foramen magnum* étant au-dessus du niveau supérieur du fluide de putréfaction, il ne peut se produire d'écoulement hors de la boîte crânienne.

Les observations médico-légales concernant les replis adipeux doivent bien évidemment être prises en compte. Cependant, la répartition de *C. acicula* au niveau du corps semble privilégier une arrivée en masse de ce mollusque liée la persistance d'un espace vide, le cadavre étant plus ou moins largement décharné. La présence de *C. acicula* doit donc être mise en relation avec la découverte des vestiges de tissus (au niveau du thorax dans la sépulture 81) et des épingles de linceul (?) (près de la tête dans les sépultures 32 et 81). Un dispositif enveloppant le corps semble être à l'origine de la persistance d'un espace vide après la disparition des parties molles. La décomposition de vêtements et/ou d'un linceul, composés différemment se réalise sur des échelles de temps différentes. Hormis la nature du fil de tissage, la présence de pigments à l'origine d'une teinture aboutirait au même résultat de variation de décomposition des tissus, même au sein d'une seule et même tombe.

En fonction de ce constat, la céramique n° 1 de la sépulture 81 a préservé un certain temps un espace vide. Mais cela n'explique que partiellement la présence des 50 individus de *C. acicula* qui y ont été retrouvés. Il faut donc aussi envisager la présence initiale d'une matière périssable organique, vraisemblablement d'un liquide. Aucun individu n'ayant été retrouvé dans les interstices du rocher, pourtant proches du vase d'un point de vue micro-environnemental, c'est sans doute, sinon plus, tout du moins autant pour des raisons alimentaires que micro-climatiques, que les individus de *C. acicula* ont été piégés dans les sépultures 32 et 81.

Conclusions

La fouille par carrés de la totalité de la surface de la sépulture 32 montre qu'à conditions hygrométriques identiques, la localisation de *C. acicula* est à rechercher dans la nature d'un micro-milieu spécifique. C'est d'autant plus évident avec la bande 1 qui n'a pas été « polluée » par la présence du corps ou l'un de ses éléments. Deux paramètres semblent indispensables à son développement, sans pour l'instant savoir si l'un d'eux est prépondérant : le maintien d'un espace vide et la présence contemporaine initiale de matériaux organiques. Cela nous renseigne sur la façon dont les corps ont été inhumés, les vestiges de tissus étant à même d'expliquer la persistance d'un espace vide au niveau de la moitié supérieure du corps, créant ainsi un micro-milieu propice à attirer *C. acicula*. Sans même envisager différents types de tissus, la décomposition du corps suffit à expliquer son arrivée et son développement.

Dans le vase n° 1 de la tombe 81, la présence de nombreux individus de *C. acicula* est le signe de la disparition d'une offrande alimentaire, vraisemblablement de nature liquide. *C. acicula* nous permet donc de dévoiler un pan des pratiques funéraires hellénistiques de la nécropole de Plinthine, en révélant notamment que ce vase avait un rôle fonctionnel lors du dépôt dans la tombe.

Références

- Adriani, A. 1952. Nécropole et ville de Plinthine. *Annuaire du Musée gréco-romain*, 3 : 140-159.
- André, J. 1987. Contribution de la malacologie à l'étude des sépultures, un exemple : le dolmen des Peirières à Villedubert. In : Duda, H. & Masset, C. (dir.), *Anthropologie physique et archéologie. Méthodes d'étude des sépultures*, Actes du colloque de Toulouse 4, 5 et 6 novembre 1982, Editions du CNRS, Paris : 289-291.
- Baud, C.-A. 1982. La taphonomie. La transformation des os après la mort. In : La mort dans la préhistoire, *Dossiers histoire et archéologie*, 66 : 33-35.
- Boulord, A., Douillard, E., Durand, O., Gabory, O. & Leheurteux E., 2007. Atlas provisoire de la répartition des mollusques des Mauges (France, Maine-et-Loire), *MalaCo*, 4 : 184-221. Publié sur www.journal-malaco.fr
- Charlier, Ph. 2008. Etude microscopique (optique et MEB) du liquide de décomposition solidifié. In : Charlier, Ph. (dir.), *Ostéo-archéologie et techniques médico-légales, tendances et perspectives. Pour un « manuel pratique de paléopathologie humaine »*, Collection Pathographie, De Boccard, Paris : 189-200.
- Charlier, Ph., Georges, P., Bouchet, F., Huynh-Charlier, I., Carlier, R., Mazel, V., Richardin, P., Brun, L., Blondiaux, J. & Lorin de la Grandmaison, G. 2008. The microscopic (optical and SEM) examination of putrefaction fluid deposits (PFD), Potential interest in forensic anthropology, *Virchows Archiv*, 453 : 377-386.
- Duda, H. 2005. L'archéothanatologie ou l'archéologie de la mort. In : Duda, H. (éd.), *Objets et méthodes en paléanthropologie*, Comité des Travaux Historiques et Scientifiques, Paris : 153-215.

- Duday, H. 2006. L'archéothanatologie ou l'archéologie de la mort (Archaeoethnoanatology or the Archaeology of Death). In : Gowland, R. & Knüßel, C. *Social Archaeology of Funerary Remains*, Oxbow Books, Oxford : 30-56.
- Duday, H. & Guillon, M. 2006. Understanding the Circumstances of Decomposition when the Body Is Skeletonized. In : Schmitt A., CUHNA, E. & PINHEIRO, J. *Forensic Anthropology and Medicine. Complementary Sciences From Recovery to Cause of Death*, Humana Press, Totowa-New Jersey : 116-157.
- Duday, H. & Masset, C. (dir.) 1987. *Anthropologie physique et archéologie. Méthodes d'études des sépultures*. Actes du colloque de Toulouse 4, 5 et 6 novembre 1982, CNRS, Paris, 406 p.
- Georges, P. 2002. Les pratiques funéraires de la nécropole hellénistique de Plinthine : résultats préliminaires. In : Charon A. (dir.), *La mort n'est pas une fin. Pratiques funéraires en Égypte d'Alexandre à Cléopâtre*, Catalogue de l'exposition 28 septembre 2002-5 janvier 2003 au Musée de l'Arles antique, Arles : 72-74.
- Georges, P., Boës, E., Alix, G. & Schmitt, A., 2003. Des momies éphémères et des os pour l'éternité. La gestion paradoxale de la *Necropolis* d'Alexandrie à l'époque romaine. In : Ballet, P., Cordier P. & Dieudonné-Glad N. (dir.), *La ville et ses déchets dans le monde romain : rebus et recyclages*, Actes du colloque de Poitiers (19-21 septembre 2002), Editions Monique Mergoïl, Montagnac : 277-301.
- Goyon, J.-C. 1992. Chirurgie religieuse ou thanatopraxie ? Données nouvelles sur la momification en Égypte et réflexions qu'elles impliquent. In : *Actes du VI^e congrès international d'Égyptologie*, vol. 1, Turin : 215-225.
- Karali, L. 2008. Les apports de la malacologie à la paléopathologie. In : Charlier Ph. (dir.), *Ostéo-archéologie et techniques médico-légales, tendances et perspectives. Pour un « manuel pratique de Paléopathologie humaine »*, Collection Pathrographie, De Boccard, Paris : 77-79.
- Pfleger, V. 1989. *Guide des coquillages et des mollusques*, Hatier, Fribourg, 191 p.
- Salama, F. M., Abd El-Ghani, M. M., El Naggar, S. M. & Baayo, K. A. 2005. Vegetation structure and environmental gradients in the Sallum area, Egypt, *ecologia mediterranea*, 31, fasc. 1 : 15-32.

*Soumis le 8 novembre 2008 ;
Accepté le 16 novembre 2009.*

Recommandations aux auteurs

Les sujets concerneront la biologie, l'écologie, la faunistique et la conservation des Mollusques continentaux de France. **MalaCo** est aussi une tribune pour l'annonce des actualités malacologiques régionales et/ou nationales. **En revanche, aucune description de taxon nouveau pour la science ne sera acceptée.**

Dimension des articles

● **Les brèves scientifiques** — Les manuscrits seront de préférence courts : maximum 1500 mots, sans mise en forme, double interligne, taille de police 12 et bibliographie. Les illustrations, maximum deux, doivent être en haute résolution et bien contrastées (taille finale 8.5 cm ou 17 cm de largeur). Le document final sera formaté en .doc.

● **Les articles** — Le format électronique de la revue n'impose pas de longueur maximale du texte mais il devra être envoyé sans mise en forme, en double interligne, taille de police 12 et bibliographie complète au format de **MalaCo**. Le titre et le résumé auront leur équivalent en anglais. Les illustrations doivent être en haute résolution et bien contrastées (taille inférieure à 17 cm de largeur). Le document final sera en format texte. 1^{ère} page: titre et coordonnées des auteurs, 2^{ème} page: résumés et mots clefs (Français et Anglais), 3^{ème} page et suivantes: texte, puis les pages pour la bibliographie, les légendes et les illustrations correspondantes en fin du document. La définition des figures sera de 300 dpi pour les images et de 1200 dpi pour les graphiques (ou images plus lignes).

Présentation des manuscrits

● **Citation des auteurs d'espèces dans le texte** — Le(s) nom(s) d'auteur(s) pour les espèces citées doivent être mentionnés lors de la première citation. Le nom de l'espèce figurera en italique et en entier, suivi de celui de l'auteur séparé de la date de la description par une virgule. Exemple : *Bythinella padiraci* Locard, 1903, *Oxychilus draparnaudi draparnaudi* (Beck, 1813), *Cryptazeca monodonta* (de Folin & Bérillon, 1877). Lors de leur citation subséquente, le nom du genre ou de l'espèce dans le cas d'une sous-espèce pourra être abrégé. Dans le cas d'une sous-espèce non nominale, le nom de genre sera abrégé mais pas les épithètes spécifiques. Exemple : *B. padiraci*, *Oxychilus d. draparnaudi*, *O. navarricus helveticus*.

● **Citation des références bibliographiques dans le texte** — Le ou les auteur(s) d'une référence seront présentés comme suit : Geissert (1997) ou (Geissert 1997), deux auteurs (Falniowski & Wilke 2001) ou Falniowski & Wilke (2001), plus de trois auteurs Falkner *et al.* (2002) ou (Falkner *et al.* 2002). Pour plusieurs références d'un même auteur seront présentées comme suit : Dussart (1998, 2005a, 2005b) ou (Dussart 1998, 2005a, 2005b). La première clef d'entrée des références dans le texte sera la date de publication séparée par des points virgules. Pour les références issues d'un même auteur, elles seront présentées comme dans le point précédent. Exemple : (Dussart 1998, Bichain 2001, Dussart 2005a, 2005b). Les particules des noms seront présentées sans majuscule. Exemple : de Norguet (1873), de Wilde *et al.* (1987) et van Goethem (1972). Enfin, les citations tirées d'auteurs déjà cités par d'autres seront présentées comme suit (Cucherat 1999 *in* Bichain 2005) ou Cucherat (1999 *in* Bichain 2005).

● **Autres types de citations** — Des commentaires oraux ou des correspondances peuvent être insérés dans le corps de l'article. Ceux-ci seront présentés comme suit : (Gargominy communication personnelle) ou Gargominy (communication personnelle). Dans la mesure du possible, la date de la communication sera mentionnée. Les données qui n'ont pas été publiées jusqu'alors seront présentées comme suit : (Pavon inédit 2005) ou Pavon (inédit 2005).

● **Présentation des résultats numériques** — On préférera le point plutôt que la virgule pour la présentation des décimaux. Les deux points et les points virgules seront précédés d'un espace insécable, de même pour les points d'exclamation et d'interrogation. Les unités de mesures seront présentées comme suit : m² ou m.s⁻¹.

● **Présentation des figures et des tableaux** — Les figures et tableaux doivent être appelés dans le texte comme suit : (Figure 1) ou (Figures 1 & 2) ou (Figure 1 & tableau 1). L'auteur indiquera dans le texte l'emplacement souhaité pour les figures et tableaux comme suit << insérer ici la figure 1 >>.

Présentation de la bibliographie

Télécharger les filtres EndNote pour MalaCo sur www.journal-malaco.fr

● **Classement de la bibliographie** — La bibliographie sera classée par ordre alphabétique dans un premier temps, puis chronologique puis par ordre alphabétique des titres d'article. Les particules des noms de famille compteront dans le rangement alphabétique. Exemple : de Norguet ne sera pas classé à la lettre N mais à la lettre D.

● **Les articles** — Nom de l'auteur, première(s) lettre(s) du ou des prénoms séparée(s) par des points. Date de la publication. Titre complet de l'article dans sa version d'origine. Nom complet de la revue en italique, Volume (numéro) : pages de l'article.

Pavon, D. 2005. Note sur *Granaria stabilei anceyi* (Fagot, 1881). *MalaCo*, 1: 5-6.

Richoux, P., Allemand, R. & Collomb, G. 2000. Ecogéographie de la région Rhône-Alpes : définition de districts naturels pour la cartographie de l'entomofaune. *Bulletin mensuel de la Société linnéenne de Lyon*, 70 (1) : 17-20.

● **Les livres** — Nom de l'auteur, première(s) lettre(s) du ou des prénom(s) séparée(s) par des points. Date de la publication. Titre complet de l'ouvrage en italique. Éditeur de l'ouvrage, Ville de publication. : nombre de pages + pp.

Adam, W. 1960. *Faune de Belgique. Mollusques 1 - Mollusques terrestres et dulcicoles*. Institut Royal des Sciences naturelles de Belgique, Bruxelles : 402 pp.

● **Les rapports d'étude et thèses** — Nom de l'auteur, première(s) lettre(s) du ou des prénoms séparée(s) par des points. Date de la publication. Titre complet du rapport en italique. Nom complet de la ou des structure(s) où l'étude a été réalisée(s), ville d'édition du rapport (lieu où se trouve(nt) la ou les structure(s)) : Nombre de page + pp.

Cucherat, X. 2001. *Inventaire des Mollusques continentaux des propriétés du Département du Nord*. Conseil Général du Nord / Université des Sciences et Technologies de Lille, Lille : 105 pp.

● **Les articles dans un livre** — Nom de l'auteur, première(s) lettre(s) du ou des prénoms séparée(s) par des points. Date de la publication. Titre complet de l'article. *In* : nom(s) du ou des éditeur(s), première(s) lettre(s) du ou des prénoms séparée(s) par des points, titre complet du livre en italique. Nom de la série de la collection, nom de l'éditeur, ville d'édition, numéro du volume : nombre de pages.

Falkner, G. 1990. Binnenmollusken. *In* : Fechter, R. & Falkner, G., *Weichtiere. Europäische Meeres- und Binnenmollusken*. Steinbachs Naturführer, Mosaik Verlag, München, 10 : 112-280.

● **Les références Internet** — Nom de l'auteur, première(s) lettre(s) du ou des prénoms séparée(s) par des points. Date de la publication. Titre complet site ou de la page Web. Adresse complète de la page Internet consultée. Date de la consultation.

Armbruster, G. 2002. Systematics of the central European taxa of *Cochlicopa*. <http://pages.unibas.ch/dib/nlu/res/cochlico/index.html>. Consulté le 20 septembre 2005.



MalaCo

Le journal électronique de la malacologie continentale française

<http://www.journal-malaco.fr>

Le site internet MalaCo

<http://www.journal-malaco.fr>

Vous y trouverez les instructions aux auteurs et la procédure de soumission. Outre la possibilité de consulter gratuitement tous les numéros de MalaCo, vous pouvez accéder à de nombreuses informations dans la rubrique **Actualités** et des documents à télécharger dans la **Bibliothèque**. Abonnez-vous à **Malaco Alerte** pour recevoir les sommaires des nouveaux numéros.

A bientôt sur notre site internet