

MalaCo

Journal électronique de la malacologie continentale

www.journal-malaco.fr



Editorial de Philippe Bouchet

Brèves & News

- Mienis, H.K. - Does *Rumina saharica* Pallary, 1901 occur in France?
 Mienis, H.K. - *Pupilla muscorum* and *Pupilla bigranata* also syntopic in Clermont, France.

Articles

- Prié, V., Philippe, L., Cochet, G., Rethoret, H. & Filali, R.** - Une population majeure de la très rare Grande Mulette *Margaritifera auricularia* (Spengler, 1793) (Bivalvia : Margaritiferidae) dans le fleuve Charente (France).
Mouthon, J. - Découverte de *Sinanodonta woodiana* (Lea, 1834) (Bivalvia : Unionacea) dans un réservoir eutrophe : le Grand Large en amont de Lyon (Rhône, France)
Cucherat, X. & Demuynck, S. - Les plans d'échantillonnage et les techniques de prélèvements des mollusques continentaux
Ben Romdhane, M., El Hedfi, C. & Ben Salem, M. - Première mention de *Pomatias elegans* (O.F. Müller, 1774) (Gastropoda, Caenogastropoda, Pomatiidae) au Nord de la Tunisie
Gargominy, O., Ripken, Th. E. J., Matamoro-Vidal, A. & Reboul, D. - *Pagodulina subdola* (Gredler, 1856) (Gastropoda, Stylommatophora, Orculidae) fait bien partie de la faune de France

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 (Rédacteur en chef du numéro 5)
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 FTP 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 2008 ■ numéro 5



Sommaire illustré : De gauche à droite, *Rumina saharica* en France ? Une population majeure de la Grande Mulette ; Les bivalves de la région de Lyon ; *Pomatia elegans*, nouvelle donnée pour la Tunisie ; *Pagodulina subdola* (Gredler, 1856), une nouvelle espèce pour la faune de France.

Pages 227-228 **Éditorial Philippe BOUCHET**

Pages 229-230 **Brèves & News**

- Does *Rumina saharica* Pallary, 1901 occur in France?
Henk K. MIENIS
- *Pupilla muscorum* and *Pupilla bigranata* also syntopic in Clermont (Oise, France)
Henk K. MIENIS

Pages 231-260 **Articles**

- p. 231-240 ▪ Une population majeure de la très rare Grande Mulette *Margaritifera auricularia* (Spengler, 1793) (Bivalvia : Margaritiferidae) dans le fleuve Charente (France)
Vincent PRIÉ, Laurent PHILIPPE, Gilbert COCHET, Harold RETHORET, Remy FILALI
- p. 241-243 ▪ Découverte de *Sinanodonta woodiana* (Lea, 1834) (Bivalvia : Unionacea) dans un réservoir eutrophe : le Grand Large en amont de Lyon (Rhône, France)
Jacques MOUTHON
- p. 244-253 ▪ Les plans d'échantillonnage et les techniques de prélèvements des mollusques continentaux
Xavier CUCHERAT, Sylvain DEMUYNCK
- p. 254-255 ▪ Première mention de *Pomatias elegans* (O. F. Müller, 1774) (Gastropoda, Caenogastropoda, Pomatiidae) au Nord de la Tunisie
Monia BEN ROMDHANE, Chahrazed EL HEDFI, Mohamed BEN SALEM
- p. 256-260 ▪ *Pagodulina subdola* (Gredler, 1856) (Gastropoda, Stylommatophora, Orculidae) fait bien partie de la faune de France
Olivier GARGOMINY, Theo E.J. RIPKEN, Alexis MATAMORO-VIDAL, Daniel REBOUL

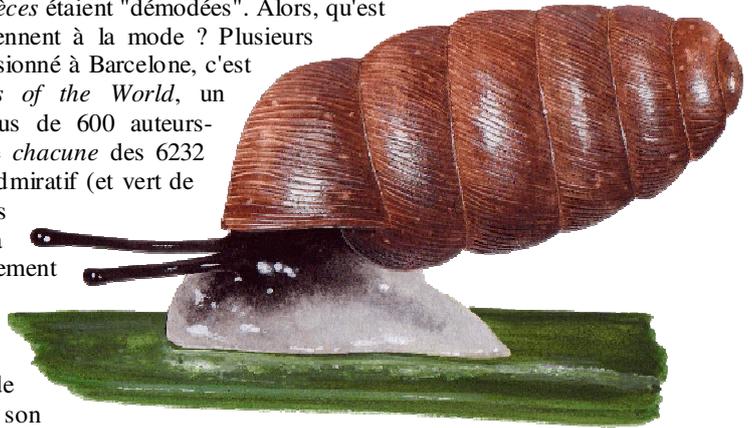
Page 261 **Recommandations aux Auteurs**

Combien pèsent 30.000 espèces de mollusques continentaux face à *une* espèce de grand mammifère charismatique, disons le tigre ou le gorille ? Pas grand chose, semble-t-il, si l'on en juge par la place occupée par les invertébrés dans les communiqués de presse diffusés à l'occasion de la sortie de l'édition 2008 de la *Red List of Threatened Species* de l'UICN. Ça, c'est le verre à moitié vide. Un motif de ronchonner et de désespérer de l'évolution des mentalités vis-à-vis des compartiments "négligés" de la biodiversité : invertébrés, plantes, champignons. Le tigre vaudra toujours plus que 400.000 espèces de coléoptères...

Pourtant, le verre à moitié plein existe aussi, je l'ai rencontré. Du 5 au 10 octobre 2008, le congrès mondial de la nature, organisé par l'UICN, a réuni à Barcelone pas moins de... 7800 personnes ! On y cotoyait quelques scientifiques pur jus, comme moi, très minoritaires, et quelques grandes institutions académiques (Kew Botanical Gardens, Smithsonian Institution), au milieu d'un joyeux mélange d'Indiens amazoniens en plumes représentant les peuples indigènes, des activistes "new age" de la protection du dugong, des représentants de la Banque Mondiale, du Fonds pour l'Environnement Mondial, ou de grandes fondations, les responsables biodiversité ou environnement de grandes entreprises, et bien entendu les grandes ONG de protection et gestion de la nature, de la *Wildlife Conservation Society* à *Conservation International*, en passant par *The Nature Conservancy*... En l'espace de 4 jours, pas moins de 800 tables-rondes, séminaires, cafés-débats, conférences... Bref, un extraordinaire forum, une grande "foire" dans le bon sens du terme, c'est à dire un endroit où l'on expose son savoir-faire, où l'on rencontre, où l'on achète et où on vend - même si ce qu'on achète et ce qu'on vend, c'est de l'image, des idées, des contacts, du lobbying.

J'avais dans les années 1990 participé à des "steering committees" (comités de pilotage) de la Commission de Sauvegarde des Espèces de l'UICN, à Manaus et Djerba, mais là, à Barcelone, c'était mon premier congrès mondial de l'Union. Le précédent, à Bangkok en 2004, avait été celui du "changement climatique". Je pense que le cru "Barcelone 2008" est celui du retour des "espèces". Depuis une bonne quinzaine d'années, prononcer le mot "espèces" dans une assemblée de ce type, c'était l'assurance de passer immédiatement pour un attardé qui n'avait pas compris que les espèces ne comptent pas pour elles-mêmes, et que seul le fonctionnement des écosystèmes et leur valorisation économique pouvaient constituer des objectifs et/ou des moyens convenables d'intéresser le public et les décideurs à la conservation de la biodiversité... Bref, les espèces étaient "démodées". Alors, qu'est ce qui me fait dire que les espèces redeviennent à la mode ? Plusieurs choses. Ce qui m'a sans doute le plus impressionné à Barcelone, c'est la publication du *Threatened Amphibians of the World*, un monumental travail collectif impliquant plus de 600 auteurs-experts qui ont passé en revue une par une *chacune* des 6232 espèces d'amphibiens de la planète. Je suis admiratif (et vert de jalousie) de la qualité et de la quantité des connaissances qui ont été rassemblées pour la première fois dans cet ouvrage, et également admiratif du savoir-faire déployé par Simon Stuart pour arriver à ce paroxysme éditorial. Chapeau ! *Threatened Amphibians of the World* a eu sur moi le même effet de stimulation scientifique que la publication, en son temps (1998), d'*Endemic Bird Areas of the World*. Autres signaux du retour en grâce des espèces : l'annonce, lors de la cérémonie de clôture du congrès, de la création par le prince héritier d'Abu Dhabi d'un fonds de soutien ciblé sur les "Espèces" ; et puis, sans aucun doute, le programme Liste Rouge est un des enfants chéris de Julia Marton-Lefèvre, la directrice générale de l'UICN. Enfin, Russell Mittermeier, le très influent président du très puissant *Conservation International*, est aussi un homme des "espèces".

Passés ces moments où l'on croit qu'on peut (un peu) changer le monde, que reste-t-il ? Je retiens de mes lectures malacologiques de ces derniers mois deux découvertes pour moi emblématiques. D'abord la description, par Ben Rowson (National Museum of Wales) et W. Symondson (Université de Cardiff),



[...] le numéro d'octobre (du magazine *National Geographic France*, dessin de Gilbert Hodebert, avec son aimable autorisation, NDLR) présente *Nesoropupa nathaliae* Gargominy, 2008, un petit vertiginidé endémique des hautes montagnes de Tahiti. Introductions d'aliens, fragmentation de l'habitat, changement climatique : tout y est. Dans 50 ans, ne restera-t-il de *Nesoropupa nathaliae* que des spécimens dans les collections des musées ?

de *Selenochlamys ysbryda*, une nouvelle limace de la famille des Trigonochlamydidae, famille endémique du Caucase (*J. Conch.* 39 : 537-552). Oui, mais *Selenochlamys ysbryda* a été découvert dans un jardin du Pays de Galles : il s'agit sans aucun doute, comme *Boettgerilla pallens*, d'une espèce introduite - inconnue dans son aire de distribution d'origine - et acclimatée en Grande-Bretagne. A quand sa première signalisation en France ? Et puis, une autre description d'espèce nouvelle, celle d'*Oxychilus edmundi* Falkner, 2008, un nouvel Oxychilidé endémique de la vallée de Porto, sur la côte ouest de Corse, décrite dans un volume de *Basteria* (72, 135-141) publié à l'occasion du départ en retraite d'Edmund Gittenberger, qui aura marqué depuis près de 40 ans la malacologie continentale européenne. Ces deux découvertes symbolisent à mes yeux les enjeux auxquels les malacologistes européens ont à faire face : notre malacofaune continentale n'est pas encore complètement inventoriée, et chaque espèce - même endémique, même patrimoniale - pèse si peu face à un couple d'Aigle de Bonelli ; et en même temps, le grand rouleau compresseur de la mondialisation est en train d'amener la banalisation à travers les introductions et les extinctions.

Faire partager l'exaltation de la découverte de la biodiversité, c'est déjà envoyer un message positif ; c'est envoyer le message que le monde reste incroyablement riche, bizarre, et imprédictible ; c'est, implicitement, envoyer le message que l'on ne veut pas que tout ça disparaisse, n'est ce pas ? Ce sont ces messages que nous avons en tête lorsque nous avons lancé, au début de l'année, la rubrique *Quoi de neuf, Monsieur Noé ?* dans le magazine National Geographic France. Chaque mois, Céline Lison, Benoît Fontaine et moi présentons une nouvelle espèce d'insecte, de plante, de poisson, de champignon, d'oiseau, ou même d'acarien, une espèce qui vient d'être décrite quelque part dans le monde. Et un peu d'auto-promotion discrète ne faisant jamais de mal, le numéro d'octobre présente *Nesoropupa nathaliae* Gargominy, 2008, un petit vertiginidé endémique des hautes montagnes de Tahiti. Introductions d'aliens, fragmentation de l'habitat, changement climatique : tout y est. Dans 50 ans, ne restera-t-il de *Nesoropupa nathaliae* que des spécimens dans les collections des musées ? ■

Philippe Bouchet

Muséum national d'Histoire naturelle de Paris

18 novembre 2008



Brèves & News

Does *Rumina saharica* Pallary, 1901 occur in France?

Henk K. Mienis

National Mollusc Collection, Dept. Evolution, Systematics & Ecology
Hebrew University of Jerusalem, IL-91904 Jerusalem, Israel

&
Mollusc Collection, National Collections of Natural History,
Dept. Zoology, Tel Aviv University, IL-69978 Tel Aviv, Israel

Abstract

Rumina saharica Pallary, 1901 is recorded here for the first time from a locality in France. Since this species has only recently been recognized as an independent species, different from the well known *Rumina decollata* (Linnaeus, 1758), students of terrestrial snails in France are advised to check their samples of *Rumina* for the possible presence of the slender decollated snail *R. saharica* among them.

Key words

Mollusca, gastropoda, Subulinidae, *Rumina*, distribution, France.

A revision of the genus *Rumina* (Risso, 1826), Fam. Subulinidae, present in the National Mollusc Collection of the Hebrew University of Jerusalem (HUJ) revealed the presence of a sample of *Rumina saharica* Pallary, 1901 from a locality in France. It had been collected by the late Arthur Blok in Menton (HUJ 51707 = Blok 617) and consists of three specimens. Unfortunately any additional information like precise locality and date of collection is missing; however, most likely they had been collected in one of the splendid gardens for which Menton is famous.

The localities mentioned on the labels of samples personally collected by Arthur Blok and present in his collection have turned out to be 100% reliable. The question reads therefore: does *Rumina saharica* occur in the south of France in general and in Menton in particular?

Until 17 years ago only a single species was recognized within the genus *Rumina*: *R. decollata* (Linnaeus, 1758), this in spite of the fact that especially in North Africa populations were known to occur with either much more slender or broader shells.

Bank & Gittenberger (1993) not only recognized on shell characters a second species, which until then had been considered either a local variety or a subspecies of *Rumina decollata*, but entangled also its complicated nomenclature. They reached the conclusion that the slender decollated snail had to be called *Rumina saharica* Pallary, 1901. The specific status of *Rumina saharica* has been confirmed not only by Carr (2002) by means of a study of the anatomy and morphometry of numerous specimens collected throughout the Mediterranean region, but also by Prévot, Jordaens & Bacheljau (2007) with the help of a molecular genetic analysis.

Rumina saharica is usually reported from North Africa and the Eastern Mediterranean. However, at many places in the latter area it was most probably introduced by human agents (Mienis 1976, 1991 & 2003, Singer & Mienis 1993, Hausdorf & Hennig 2005). In the National Mollusc Collections of the Hebrew University of Jerusalem (HUJ) and the Tel Aviv University (TAU) I could compare the shells from Menton with 57 samples of *R. saharica* from the following

countries: Italy (4), Greece (8), Turkey (2), Cyprus (4), Israel (32) and Lybia (7).

Less known is the fact that *Rumina saharica* has also been found on the Balearic Islands Mallorca and Menorca (Quintana 2006, Beckmann 2007). It is not clear whether we are dealing there with an autochthonous or with an introduced species.

Hardly known is a third species: the giant decollated snail *Rumina paviae* (Lowe, 1861), which is confined in its distribution to Morocco, Algeria and Tunis (Mienis 2002). Like *Rumina saharica* also *R. paviae* occurs often sympatric with *R. decollata* without showing any hybridization.

These three different species can be recognized by the following shell characters:

Rumina saharica has a slender shell, with rather flat whorls; the body-whorl is hardly wider than the penultimate whorl; width of adult shells 7.1-9.4 mm;

Rumina decollata has a broader shell, with more convex whorls; its aperture is distinctly wider than in *saharica*; width of the body-whorl 8.9-14.7 mm (Carr 2002 mentioned a width of up to 19.7 mm, but most probably his *decollata* included shells of *paviae*);

Rumina paviae has an extreme broad shell, with even more convex whorls than in *decollata*; width of the body-whorl 15.5-22.7 mm.



Figure 1 — *Rumina* species: from left to right adult specimens of *Rumina paviae* (R.T. Lowe 1861) from Algiers, Nemours, *Rumina decollata* (Linnaeus 1758) from France, Cannes and *Rumina saharica* Pallary 1901 from France, Menton. All specimens from the HUJ-collection. Photograph: Dr. E.L. Heiman (Rehovot). Bare scale = 10 mm.

At least also the exterior of the animals of *decollata* and *saharica* show some differences in colour. The back of *decollata* is of a very dark grey to almost black colour, while that of *saharica* has a pale grey colour.

I do not rule out the possibility that *Rumina saharica* has been introduced during historic times from North Africa not only in the Eastern Mediterranean but also in regions in the North-Western and Central Mediterranean in a similar way as *Papillifera bidens*

(Linnaeus, 1758) [= *papillaris* (Müller, 1774) s.l. has been dispersed by man from Italy to many ancient towns all around the Mediterranean (Mienis & Gümüs 2007).

A check of all samples of *Rumina* collected in the south of France in general and in the region of Menton in particular may reveal additional samples referable to *Rumina saharica*. In that case this species has to be added to the checklist of the continental land and freshwater molluscs published by Falkner *et al.* 2002.

References

- Bank, R.A. & Gittenberger, E., 1993. Neither *Rumina truncata*, nor *R. gracilis* but *R. saharica* (Mollusca: Gastropoda: Subulinidae). *Zoologische Mededelingen, Leiden*, 67 (38): 525-527.
- Beckmann, K.-H., 2007. Die Land- und Süßwassermollusken der Balearischen Inseln. 255 pp. ConchBooks, Hackenheim.
- Carr, R., 2002. Geographical variation of taxa in the genus *Rumina* (Gastropoda: Subulinidae) from the Mediterranean region. *Journal of Conchology*, 37 (5): 569-577.
- Falkner, G., Ripken, Th.E.J. & Falkner, M., 2002. Mollusques continentaux de France. *Liste de référence annotée et bibliographie. Patrimoines Naturels*, 52: 350 pp.
- Hausdorf, B. & Hennig, Ch., 2005. The influence of recent geography, palaeogeography and climate on the composition of the fauna of the central Aegean Islands. *Biological Journal of the Linnean Society*, 84: 785-795.
- Mienis, H.K., 1976. *Rumina decollata gracilis* (Pfeiffer) in Israel: an ancient introduction? *Mitteilungen der Zoologischen Gesellschaft Braunau*, 2 (15): 391-393.
- Mienis, H.K., 1991. Notities betreffende *Rumina decollata*. *Correspondentieblad van de Nederlandse Malacologische Vereniging*, 262: 881-884.
- Mienis, H.K., 2002. *Rumina paviae*: the giant decollated snail from North Africa. *Triton*, 5: 33-34.
- Mienis, H.K., 2003. A new colony of *Rumina saharica* discovered in Israel. *Tentacle*, 11: 11-12.
- Mienis, H.K. & Gümüs, B.A., 2007. More notes on the extra-territorial distribution of *Papillifera papillaris*, a species often associated with archaeological sites. *The Archo+Malacology Group Newsletter*, 11: 4-7.
- Prévot, V., Jordaens, K. & Backeljau, Th., 2007. Preliminary study of DNA sequence variation in the terrestrial snail *Rumina decollata*. In K. Jordaens, N. van Houtte, J. van Goethem & Th. Backeljau (Eds.): *Abstracts World Congress of Malacology Antwerp, Belgium*, 15-20 July 2007: 172-173.
- Quintana, J., 2006. Molluscs terrestres autòctons i introduïts a l'illa de Menorca (Illes Balears, Mediterrània occidental). *Spira*, 2 (1): 17-26.
- Singer, B.S. & Mienis, H.K., 1993. *Rumina decollata* an interesting visitor to the coast of Israel. *Levantina*, 76: 15-18.

Mienis, H.K. 2008. Does *Rumina saharica* Pallary, 1901 occur in France? *MalaCo*, 5: 228-229. www.journal-malaco.fr

Pupilla muscorum and *Pupilla bigranata* also syntopic in Clermont (Oise, France)

Henk K. Mienis

Mollusc Collection, National Collections of Natural History,
Dept. Zoology, Tel Aviv University, IL-69978 Tel Aviv, Israel

Abstract

Pupilla muscorum and *P. bigranata* are here reported from a second locality in France where they were collected syntopic.

Key words

Mollusca, gastropoda, pulmonata, Pupillidae, distribution, France.

Recently Falkner *et al.* (2002: 107) have separated at the species level *Pupilla muscorum* (Linnaeus, 1758) and *Pupilla bigranata* (Rossmäessler, 1839), Fam. Pupillidae. The same authors mentioned only a single locality in France where these species were found syntopic: Bourges.

In the Mollusc Collection of the Tel Aviv University (TAU MO) I came across a small litter sample taken more than fifty years ago near Clermont, Picardie, Oise. It contained six specimens belonging to the genus *Pupilla* Fleming, 1828, of which only the two largest specimens were referable to *Pupilla muscorum* (TAU MO 58080/2), while the remaining much smaller specimens showed all the characteristic shell characters of *Pupilla bigranata* (TAU MO 58081/4).

Most probably these two species occur syntopic elsewhere in France.

References

- Falkner, G., Ripken, T.E.J. & Falner, M., 2002. Mollusques continentaux de France. *Liste de Référence annotée et Bibliographie. Patrimoines naturels*, 52: 350 pp.
- Mienis, H.K. 2008. *Pupilla muscorum* and *Pupilla bigranata* also syntopic in Clermont (Oise, France). *MalaCo*, 5: 229. www.journal-malaco.fr

Prié, V. *et al.* 2008. Une population majeure de la très rare Grande Mulette *Margaritifera auricularia* (Spengler, 1793) (Bivalvia : Margaritiferidae) dans le fleuve Charente (France). *MalaCo*, 5 : 231-240.
Publié sur www.journal-malaco.fr

Une population majeure de la très rare Grande Mulette *Margaritifera auricularia* (Spengler, 1793) (Bivalvia : Margaritiferidae) dans le fleuve Charente (France)

A major population of the very rare Giant Pearl Mussel *Margaritifera auricularia* (Spengler, 1793) (Bivalvia: Margaritiferidae) in the Charente river (France)

Vincent PRIÉ¹, Laurent PHILIPPE², Gilbert COCHET³, Harold RETHORET⁴, Remy FILALI⁴

¹ Biotope, Pôle Recherche et Développement, 22 Bd Maréchal Foch, BP58, F-34140 Mèze

² Biotope, Antenne Orléans, 36b rue Jean Jaurès, F-45400 Fleury-les-Aubrais

³ Le Village, F-07130 Saint-Romain-de-Lerps

⁴ EPTB Charente, 37 rue de l'Alma, F-17100 Saintes

Correspondance : vprie@biotope.fr

Soumis le 11/02/2008, accepté le 21/03/2008

Résumé — Lors d'une étude d'impact concernant le projet de désenvasement du fleuve Charente, nous avons découvert une population majeure de Grande Mulette *Margaritifera auricularia* (Spengler, 1793). Nous estimons la taille de cette population à plus de 20 000 individus sur la zone d'étude à partir d'un comptage réalisé en plongée, soit nettement plus que le nombre total de Grandes Mulettes actuellement estimé dans le monde. Nous discutons des caractéristiques de la population Charentaise, des méthodes employées pour estimer sa taille, du statut global de conservation de l'espèce et de la gestion future du site.

Mots clés — Grande Mulette, *Margaritifera auricularia*, Charente, enjeu de conservation, taille de population

Abstract — During an environmental impact study concerning a scraping project on the Charente river, we discovered a major population of Giant Pearl Mussel *Margaritifera auricularia* (Spengler, 1793). We evaluate the population size to be over 20 000 individuals in the studied area from scuba diving counting, i.e. a lot more than the total number of Giant Pearl Mussels estimated worldwide. We discuss the characteristics of the Charente population, the methods used to estimate its size, the global conservation issues and the future management of the site.

Key-words — Giant Pearl Mussel, *Margaritifera auricularia*, Charente, conservation issues, population size.

Extended abstract

Introduction — The River Charente in France is one of the 5 rivers known worldwide containing the Giant Pearl Mussel *Margaritifera auricularia* (Spengler, 1793). Previous records from this river were based on shells (Nienhuis 2003), with a single living individual observed (P. Jourde, *pers. com.*). A dam has been built on this river in order to maintain high water levels, which has hampered the sediment transfer, leading to a massive silting of the river bed. We undertook an environmental impact study on a dredging project on the river Charente. The aim of the study was to establish the population of the Giant Pearl Mussels within the study area and to map suitable habitats.

Materials and Methods — The study area stretches from a dam in the salted-water influence a distance of 16 km upstream (Figure 1). We performed transects (using scuba-diving equipment) from the bank every kilometer. This allowed to map suitable habitat, largely zones free from silting, within the study area. Within the favourable habitats, living individuals were counted on 2m wide transects across the river. The density on each zone was then estimated, taking into account the probability of detection deducted from iterative sampling. As the distribution does not seem to be aggregated, estimation of the population size is given by multiplying the average density from transects by the area of suitable habitat (Tables 1, 2 and 3).

Results — The impact from silting extends 10 km upstream from the dam, with some zones free from silting (Figures 2 and 3). We evaluate the population size within the study area to be over 20 000 individuals. This is greater than the total number of Giant Pearl Mussels estimated worldwide in previous studies. However, the Charente population is believed to be senescent as no juveniles have been discovered (Figure 4B).

Discussion and Conclusion — The remaining populations maybe underestimated in France, as scuba-diving is rarely performed as a survey methodology, but maybe the only reliable way to investigate the species' occurrence. Although in this study population size was estimated from a few transects within a limited study area on the River Charente, we believe that most of the population lies upstream of our study site and that the Charente river should be identified as a major site for this species within Europe. Despite this major discovery, we consider the species is still threatened and should be listed as Critically Endangered CR A2c because of its drastic reduction in population size (Figure 5) and because causes have not ceased. The small range, area of occupancy and fragmentation of these populations also give cause for concern for the future of the species. If the absence of reproduction is confirmed, this population could disappear in less than 50 years. The future management of the site should include the restoration of the natural sediment flushing processes as burial by siltation threatens the downstream part of this population.

Introduction

La Grande Mulette *Margaritifera auricularia* est une moule d'eau douce vivant dans les cours d'eau de basse altitude. Autrefois très répandue dans toute l'Europe de l'Ouest, elle a régressé de manière drastique au cours des deux siècles passés (Araujo & Moreno 1999, Araujo & Ramos 2000a-b). Aujourd'hui, seuls cinq cours d'eau hébergent encore des individus vivants, l'Ebre en Espagne (Altaba 1990, 1997, Araujo & Ramos 1998), la Vienne et la Creuse en France dans le bassin de la Loire (Cochet 2001a-b), une station dans le bassin de la Dordogne (P. Jourde *com. pers.*) et une dernière dans la Charente (ce travail). Des indices laissent penser que d'autres populations relictuelles pourraient subsister dans les bassins de la Seine (Prié *et al.* 2007, Cucherat & Boca 2007) et de la Garonne (Bichain 2005). La Grande Mulette est protégée par l'arrêté du 23 avril 2007 modifiant la loi de 1976 relative à la protection de la nature et l'arrêté du 07 octobre 1992 fixant la liste des mollusques protégés sur le territoire métropolitain. Elle figure à l'annexe IV de la Directive Habitats et à l'annexe II de la convention de Berne, elle est catégorisée en danger critique d'extinction (CR) par l'IUCN. Un plan d'action européen a été rédigé pour la conservation de l'espèce (Araujo & Ramos 2001).

Une étude d'impact concernant un projet de désenvasement du fleuve Charente sur le secteur Saint-Savinien-Taillebourg (Figure 1) a motivé une étude spécifique sur la Grande Mulette ; des valves ayant été précédemment découvertes (Nienhuis 2003) et un individu vivant récolté (P. Jourde *com. pers.*). Notre travail visait à (1) caractériser la population de Grandes Mulettes sur le site, (2) estimer la taille de cette population et (3) cartographier les secteurs à enjeux de conservation. Cet article présente les résultats de cette étude et discute des méthodes employées, des enjeux de conservation et de la gestion future de ce secteur de la Charente.

Matériel et méthodes

Présentation de la zone d'étude

La Charente est un fleuve de l'Arc atlantique situé au Sud de la Loire et au Nord de la Gironde. Fleuve à régime de plaine et océanique, avec des écoulements lents mais très contrastés, un relief très peu marqué et une large vallée, la Charente est aussi caractérisée par une forte influence de la marée dans sa partie aval. Ses effets se font ressentir jusqu'à Cognac, situé à plus de 70 km de l'estuaire, en fort coefficient. Evoluant sur sa partie aval sur des bries issues de la transgression flandrienne, le substrat est largement calcaire avec des réseaux karstiques développés. L'estuaire et le débouché dans le pertuis Marennes-Oléron, liés directement aux apports du fleuve, forment un secteur très riche et singulier pour ses écosystèmes et ses activités.

La zone d'expertise est comprise entre le pont de l'A837 en aval du barrage de Saint-Savinien et le pont de l'autoroute A10 en amont de Taillebourg (Figure 1). Dans cette partie du fleuve, le lit mineur atteint une soixantaine de mètres de largeur, une profondeur comprise entre 4 et 7 mètres, le fond du lit étant plusieurs mètres sous le niveau de la mer. Les vitesses d'écoulement y sont donc faibles du fait des pentes quasi-nulles et de l'influence océanique, d'autant plus à l'étiage où les débits peuvent descendre à 5-10 m³.s⁻¹ à l'estuaire. Les concentrations en matières en suspension sont conditionnées par les apports de la marée. Elles peuvent dépasser plusieurs milliers de milligramme par litre lors de forts coefficients.

Le barrage de Saint-Savinien se situe dans la partie fluvio-maritime de la Charente, sous influence du balancement des marées. En période estivale les débits d'étiage du fleuve sont très faibles et le barrage est fermé après le passage de la marée montante pour maintenir un niveau d'eau permettant d'alimenter le canal d'irrigation et la station d'adduction en eau potable. Le transfert de sédiments d'origines fluviale ou marine s'en trouve fortement perturbé de part et d'autre du barrage de Saint-Savinien, envasant progressivement le lit mineur et les berges. Le sédiment est très homogène, à grain très fin, composé à 95% d'argiles et silts (diamètre < 63 µm, diamètre médian ≈ 10 µm). L'envasement du fleuve est régressif à partir du barrage (progression vers l'amont). La section d'écoulement est ainsi réduite de 40%, la couche de vase atteignant 3 mètres d'épaisseur en moyenne. Les volumes de vase estimés (IDRA Ingénierie Environnement 2007), sur la base des données 2005 sur l'ensemble du secteur d'étude, dépassent les 800 000 m³. Le phénomène étant continu et auto-entretenu, l'envasement annuel est estimé entre 60 000 et 120 000 m³ par an en fonction des conditions hydrologiques. L'opération de désenvasement prévue en 2009-2010 devrait extraire 1 500 000 m³ de vase du lit.

Méthode d'échantillonnages

La campagne d'échantillonnages s'est déroulée en Juillet 2007, avec 3 journées pour les prospections de berges (une personne) et cinq journées de prospections en plongée avec bouteilles, à deux plongeurs. Le repérage sur berges (à pied et en canoë) visait à appréhender l'hydrologie du fleuve, caractériser les différents secteurs à étudier et rechercher des valves en berges (laisses de crues, reliefs de repas de rongeurs...). Les plongées visaient à cartographier les zones favorables à la présence de Grandes Mulettes et à estimer la taille de la population.

La Grande Mulette vit dans l'aval de grands fleuves sur substrat graveleux, stable et peut être qualifiée de rhéophile (Cochet 2001a). Dans le contexte de la Charente, les zones favorables à son implantation et à sa survie sont donc les zones à courant modéré et exemptes d'accumulation de vase, à une profondeur variable mais supérieure à un mètre.

Les plongées ont permis de réaliser des transects au fond du lit de la rivière d'une berge à l'autre sur l'ensemble de la zone d'étude, tous les kilomètres, pour produire une première cartographie des milieux favorables et en fournir une approche surfacique (Figure 1). La limite des secteurs favorables a ensuite été cartographiée plus finement (Figure 2) en couplant le travail des plongeurs et de l'embarcation. Pour ce faire, le plongeur équipé d'une bouée maintenue tendue au dessus de lui a suivi la limite des zones envasées tandis qu'une personne sur le bateau pointait au GPS la position de la bouée tous les

10 mètres. Les cartes bathymétriques et expertises fournies par l'EPTB (Etablissement Public Territorial du Bassin Versant de la Charente, sondages réalisés en 2005), ont également été utilisées pour repérer les zones envahies par la vase, *a priori* peu favorables à la Grande Mulette.

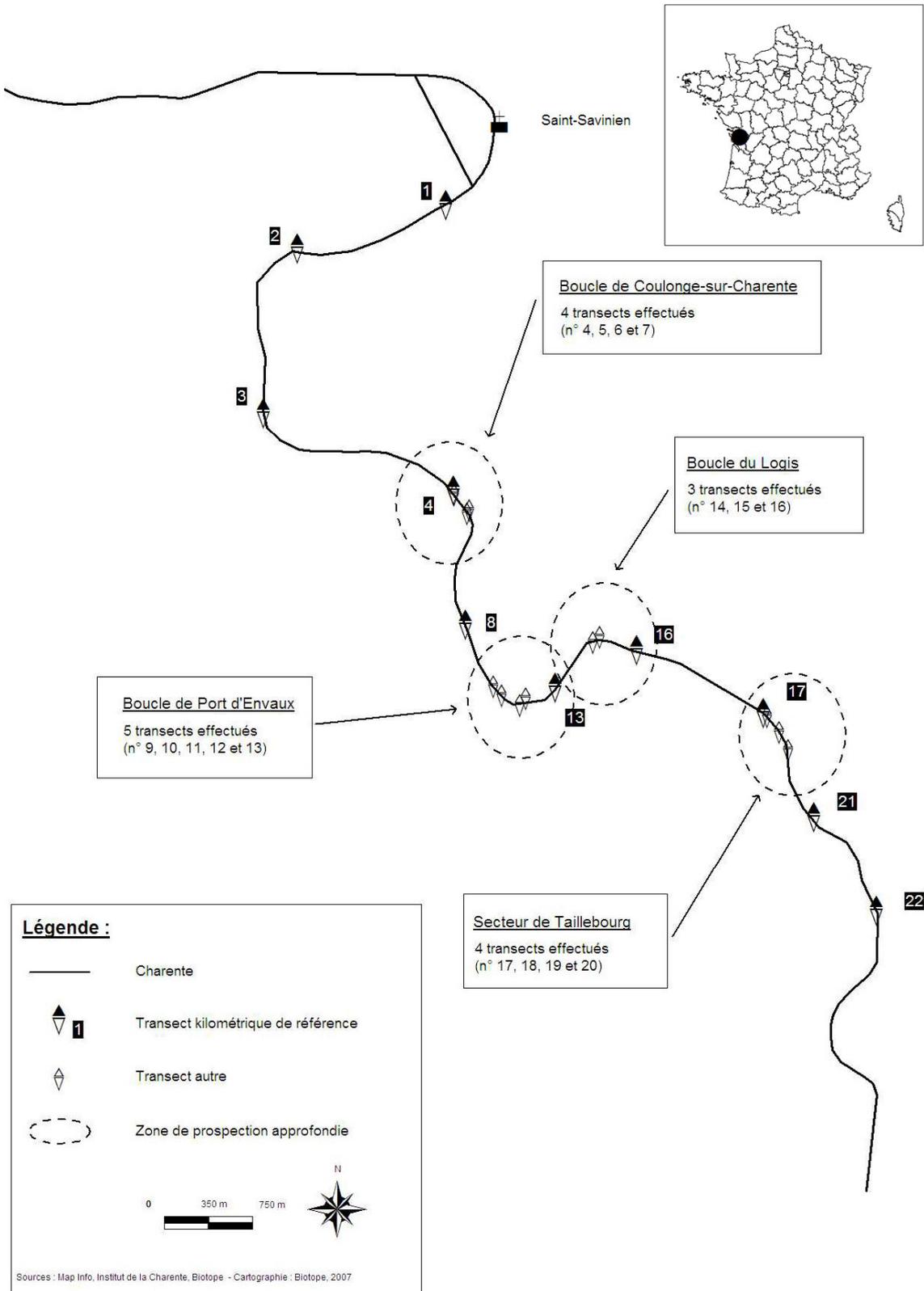


Figure 1 — Localisation de la zone d'étude et des transects. Se reporter aux tableaux 1 et 2 pour les résultats par transect et par secteur.

Evaluation de la taille globale de la population

Il est difficile d'estimer précisément la taille des populations de Mulettes en rivière : les eaux sont parfois turbides et les animaux peuvent se trouver jusqu'à huit mètres de profondeur. Altaba (1997) estime à 15 000 la population de Grande Mulette sur 65 km de linéaire entre le village de Flix et le delta de l'Ebre, puis réduit ce nombre à 900 après une estimation stratifiée (Altaba 2001). Des prospections complémentaires conduisent cet auteur à estimer en 2007 qu'autour de 5 000 individus vivaient dans l'Ebre (Altaba *com. pers.*). Araujo & Ramos (2000) utilisent la méthode de capture-marquage-recapture (CMR) avec un simple index de Lincoln (1930) et estiment à quelques 2 000 individus la population sur 30 km de linéaire dans le Canal Impérial. Dans le même article, les auteurs montrent que le déplacement des individus entre le marquage et la recapture est inférieur à un mètre. Dans ces conditions, les populations peuvent être considérées comme sédentaires et la méthode de CMR risque de sous-évaluer considérablement les estimations. En effet, les recaptures effectuées sur le même site conduisent inmanquablement à observer les mêmes individus qui ne se sont pas « dilués » dans l'ensemble de la population. Hastie *et al.* (2004) proposent une méthode pour la Mulette perlière *Margaritifera margaritifera* (Linnaeus, 1758) basée sur 5 transects de 5 x 1 m par linéaire de 500 m de rivière. Le niveau de l'eau le permettant, les prospections sont effectuées à pied et l'effort de prospection peut être important. Ici, considérant les individus comme sédentaires, nous proposons une estimation de la taille globale de la population basée sur le nombre d'individus observés en zone favorable extrapolé à l'ensemble des zones favorables cartographiées. Le plan d'échantillonnage retenu a été calibré en tenant compte de sa faisabilité (plongée bouteilles le long d'une corde tendue au fond) et de l'incertitude quant à la présence effective de Grandes Mulettes sur la zone d'étude (5 jours pour couvrir l'ensemble de la zone d'étude).

Tableau 1 — Résultats des comptages et estimation des densités par transects.
Probabilité de détection p : $p = 0,55$; avec écart-type = 0,06 ; limites inférieure = 0,43 et supérieure = 0,66.

Code transects	Longueur du transect (m)	Surface observée (m ²)	Nombre d'individus comptés (No)	Nombre d'individus estimés (Ne=No/p)	Densité estimée (ind/m ²)
1	60,1	117,2	0	-	-
2	61,3	119,5	0	-	-
3	56,9	111	0	-	-
4	56,4	110	0	-	-
5	18,6	36,3	0	-	-
6	102,8	200,5	1	2	0,01
7	65,5	127,7	0	-	-
8	57,2	111,5	0	-	-
13	77,6	151,3	0	-	-
11	146,4	285,5	1	2	0,01
12	42,6	83,1	0	-	-
10	31,2	60,8	33	60	0,99
9	48,5	94,6	0	-	-
14	69,1	134,7	0	-	-
16	61,8	120,5	0	-	-
15	81,9	159,7	12	22	0,14
17	65,9	128,5	16	29	0,23
18	74,2	144,7	23	42	0,29
19	81,5	158,9	25	45	0,29
20	71,2	138,8	14	25	0,18
21	58,3	113,7	0	-	-
22	59,2	115,4	6	11	0,09
Total	1 448,20	2 824,00	131	238	

Probabilité de détection

Les individus vivants ont été comptés lors de plongées le long des transects matérialisés par une corde lestée allant d'une berge à l'autre. Le plongeur a compté les individus qu'il pouvait toucher en tendant les bras de part et d'autre de la corde, soit une largeur de près de 2 m. Des transects ont d'abord été effectués tous les kilomètres pour apprécier l'ensemble de la zone d'étude, puis intensifiés sur les secteurs favorables à la présence de Grande Mulette. La probabilité de détection des individus vivants lors d'un passage le long du transect a été estimée à partir de 10 plongées successives avec prélèvement temporaire et sans remise, dans le secteur de Taillebourg. Les résultats ont été traités à l'aide du logiciel MARK (White *et al.* 1982) dédié aux protocoles de CMR. Pour estimer la probabilité de détection, nous avons utilisé l'algorithme du *closed capture model* et fixé la probabilité c de recapture des individus capturés à zéro, puisque les individus étaient temporairement prélevés. Cette approche a permis de calculer la probabilité p de détection. Cette valeur de p a été ensuite utilisée dans les estimations de la taille globale de la population.

Estimation de la taille de la population

Nous n'avons pas observé que la population se répartissait par agrégats au sein des zones favorables (cf. résultats). Nous utilisons donc un modèle linéaire basé sur la densité estimée multipliée par la surface de chaque zone favorable. En effet, les différentes zones favorables sont hétérogènes. Certaines « virgules » dans le secteur aval, épargnées par l'envasement en raison de la dynamique des courants (zones d'attaque des méandres) sont souvent peu profondes et présentent des densités moindres que le lit majeur du cours d'eau au-delà de la zone affectée par l'envasement. Une première estimation de la taille de la population a donc été donnée par les comptages le long des transects, corrigés par le taux de détection p et convertis en unités de surface (longueur du transect x 2m de large, Tableau 1), puis rapportés aux

surfaces favorables cartographiées (Tableau 2). Nous avons pu affiner cette estimation dans le lit majeur au delà des zones envasées en prenant en compte les différents transects effectués dans ce milieu homogène.

Analyses biométriques

La longueur maximale des coquilles a été mesurée pour estimer l'âge des individus observés et comparer la biométrie des individus de la Charente aux biométries réalisées sur les autres stations connues (Ebre, Vienne et Creuse, Oise). De manière à caractériser des coquilles relativement récentes, seules celles encore appareillées par le ligament ont été mesurées. Les valves uniques ont donc été exclues. Tous les individus collectés vivants ont été photographiés avec une échelle puis remis en place à l'endroit de prélèvement. Les mesures ont été réalisées ultérieurement à l'aide du logiciel de morphométrie ImageTool v.3 (Wilcox *et al.* 2002). Des coquilles vides ont été déposées dans les collections du Muséum national d'Histoire naturelle de Paris.

Résultats

Envasement et zones favorables

Vingt-deux transects de longueur variable ont été réalisés sur une quinzaine de kilomètres de linéaire prospectés (Figure 1 et Tableau 1). L'effet de l'envasement se fait sentir en aval immédiat et sur 10 km en amont du barrage de Saint-Savinien. Le secteur aval est très envasé et est soumis directement à l'effet des marées. Sur les 6 premiers kilomètres en amont du barrage, le lit est recouvert uniformément d'une épaisse couche de vase. Aucun individu vivant ni aucune coquille n'ont été mis en évidence sur ce secteur.

A partir de six kilomètres en amont du barrage (secteur de Coulonge-sur-Charente), des zones favorables sont ponctuellement maintenues par la dynamique du courant sous la forme de « virgules » linéaires de quelques mètres de large le long des bords d'attaque des méandres (Figure 2). De nombreuses coquilles jonchent le lit graveleux et des individus vivants sont présents avec des densités variables, allant de 1 à 100 individus pour 100 m². Ces zones favorables semblent sujettes à un envasement progressif et sont peut-être amenées à disparaître si les effets du barrage perdurent.

Au delà de 10 kilomètres à l'amont du barrage, soit quelques kilomètres à l'aval de Taillebourg et jusqu'à l'amont de la zone d'étude, l'effet du barrage de Saint-Savinien ne se fait plus sentir, le lit de la Charente redevient globalement graveleux et des Grandes Mulettes sont présentes. La surface d'habitat favorable s'étend donc actuellement sur quelques 130 000 m² sur la zone d'étude (Tableau 2).



Figure 2 — Secteurs favorables (en bleu clair) au sein de zones envasées au niveau de Port d'Envaux. Sur ces secteurs maintenus par la force du courant, les densités peuvent approcher un individu par m² alors qu'elles sont nulles sur les secteurs envasés.

Répartition et taille de la population

Sur ces 130 000 m² de surface favorable, nous pouvons estimer en appliquant les valeurs moyennes des transects réalisés à la surface de chacun des secteurs échantillonnés à plus de 20 000 individus la population présente sur la zone d'étude (Tableau 2). Toutefois, si la densité d'individus est semblable entre les transects du secteur de Taillebourg, certains en zone favorable présentent des situations plus contrastées. En effet, jusqu'à 33 individus ont été comptés sur 31 mètres en face de Port d'Envaux, soit une densité proche d'un individu par m². A l'inverse, nous n'avons observé que six individus sur 60 mètres en amont du secteur de Taillebourg, dans une zone de huit mètres de profondeur mais *a priori* favorable. La répartition de la Grande Mulette n'étant pas uniforme sur le cours d'eau (Figure 3), les transects sont hétérogènes même au sein des zones favorables et l'écart-type global est très important, laissant supposer une répartition agrégée. Nous avons testé le degré d'agrégation de la répartition des Grandes Mulettes en comparant les densités observées à une loi de Poisson, distribution attendue sous l'hypothèse d'une répartition au hasard (algorithme disponible auprès des auteurs). Ces résultats ne permettent pas de dire que la Grande Mulette présente une répartition par agrégats au sein des zones favorables. Sur ce secteur de 35 000 m², la population peut donc être estimée par extension à 8 400 individus, avec des limites inférieure et supérieure comprises entre 5 000 et 12 000

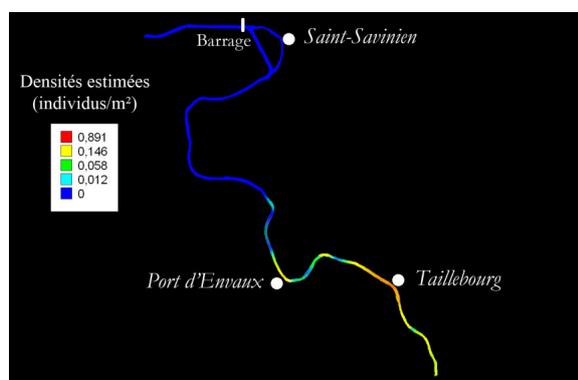


Figure 3 — Répartition de la densité en individus sur la zone d'étude. Jusqu'à Taillebourg, les zones favorables restent ponctuelles et les densités sont variables.

individus. Si l'on étend cette estimation à l'ensemble des 130 000 m², on obtient environ 30 000 ± 12 000 individus sur l'ensemble de la zone d'étude, soit une estimation basse de 18 000 individus (Tableau 3). Conscients des incertitudes liées à l'échantillonnage mais considérant que la population s'étend au delà de la zone d'étude, ce que confirme le témoignage des habitants, nous avançons finalement le chiffre de 20 000 individus.

Tableau 2 — Estimation des densités par secteurs et de la population totale sur la zone d'étude à partir des extrapolations des transects réalisés sur les zones favorables.

Secteurs favorables	Superficie (m ²)	Densité moyenne estimée (ind/m ²)	Nombre d'individus estimés
Coulonges	3 050	0,01	31
Le Logis	2 823	0,13	380
Port d'Envaux	5 477	0,97	5 300
Taillebourg	35 060	0,24	8 416
Pré du Breuil	85 540	0,09	7 776
Total	131 950	0,17	21 903

Tableau 3 — Estimation de la taille de la population à partir de la densité estimée sur le secteur de Taillebourg.

Sites	Surface (m ²)	Min.	Moy.	Max.
Taillebourg	35 000	4 999	8 401	11 804
Ensemble des secteurs favorables	130 000	18 567	31 204	43 842

Caractéristiques écologiques et morphologiques de la population

Les Grandes Mulettes ont été observées sur substrat graveleux (Planche 1A), à une profondeur allant de 2 à 8 m, dans un courant d'environ 0,5 à 1 m.s⁻¹. Sur la Charente, les animaux semblent s'accommoder de profondeurs plus importantes que celles observées sur la Vienne et la Creuse (Cochet 2001a). Les mesures prises sur les individus vivants et les coquilles récentes montrent que la population de la Charente se caractérise par une taille plus faible (longueur de 153 valves mesurées : minimum = 7.5cm, maximum = 14.5cm, moyenne = 11.9cm, Figure 4A) que celles de la Vienne et de la Creuse (n=292, Cochet 2001), de l'Oise (n=163, inédit) ou de l'Ebre (d'après Araujo & Ramos 2000b). Ceci pourrait être lié à l'effet des intrusions temporaires mais régulières d'eau salée dans cette partie du fleuve. L'indentation de la coquille est également plus importante que pour les coquilles de l'Oise (Planche 1B).

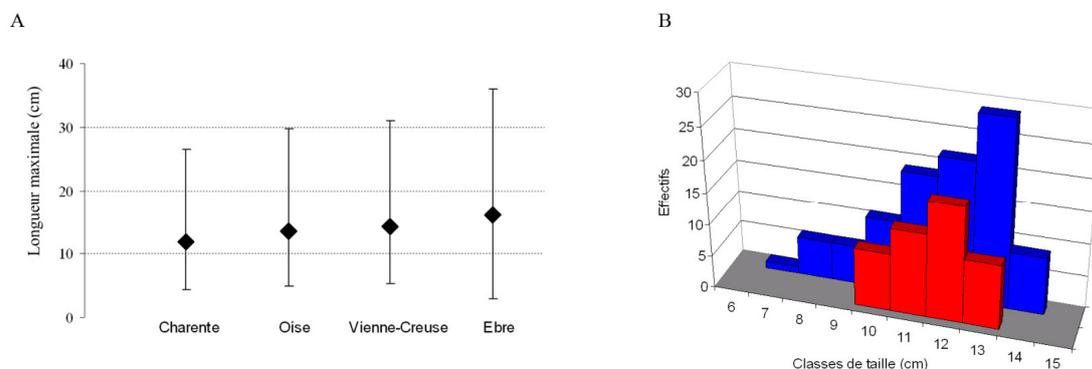


Figure 4 — A. Comparaison des tailles respectives de populations européennes connues. B. Distribution des classes de taille des coquilles récoltées. Rouge : vivants, Bleu : mortes récemment (valves appareillées avec persistance du ligament). On constate un déficit de grands individus parmi les Mulettes vivantes.

On observe une surreprésentation des stades adultes sur l'ensemble des individus mesurés et aucune recrue récente n'a été découverte (Figure 4B). Il semble donc qu'il n'y ait plus de reproduction dans la Charente, conformément à ce qui a pu être observé sur les autres stations françaises connues actuellement (Cochet 2001a). La récolte de valves de tailles variables dont une coquille juvénile relativement fraîche, avec la nacre bien conservée (Planche 1C) permet de penser que la Grande Mulette se reproduisait dans la Charente dans un passé proche. Il est toutefois impossible actuellement de savoir à quelle époque ont eu lieu les dernières reproductions. Le plus petit individu vivant mesuré avait une taille de 10 cm, ce qui correspondrait à un âge d'au moins une dizaine d'années selon les estimations basées sur les Grandes Mulettes espagnoles (Altaba *et al.* 2001, Altaba *com. pers.*). Toutefois, les individus de la Charente étant plus petits, cet individu de 10 cm pourrait s'avérer plus vieux. Des études isotopiques sur les coquilles devraient permettre de préciser l'âge des individus vivants actuellement. Dans l'état actuel nous supposons que les plus jeunes sujets vivants ont au moins une quinzaine d'années.

Discussion

Avec plus de 20 000 individus estimés sur un secteur relativement restreint, nous avons mis en évidence une station majeure de Grande Mulette. En effet, avec 2 000 individus estimés dans le Canal Impérial (Araujo & Ramos 2000b) et maximum 5 000 dans l'aval de l'Ebre (Altaba, *com. pers.*) en Espagne, auxquels s'ajoutent environ 1 000 estimés dans la Vienne et la Creuse, cette découverte augmente significativement le nombre d'individus connus dans le monde. Même si cette première estimation reste imprécise (entre 11 000 et 43 000), l'hypothèse la plus basse montre que la Charente constitue un site d'importance majeure pour la conservation de l'espèce dans l'ensemble de son aire de répartition. Toutefois, la population charentaise est vieillissante et même sénescente si l'absence de reproduction est confirmée. Son statut de conservation reste donc alarmant.

Méthodes de prospection

Les prospections malacologiques en rivières sont généralement basées sur une investigation à pied à la recherche de coquilles. Ici, les trois journées consacrées aux prospections de berges n'ont pas permis de détecter d'indice de présence de la Grande Mulette alors que les prospections en plongée ont révélé des fonds couverts de coquilles. Ceci est dû à la caractéristique de certaines rivières hébergeant des Grandes Mulettes où les berges sont souvent abruptes et hautes, et le cours lent exempt de crues subites - même si des inondations sont possibles - ne suffit pas à mettre en suspension des coquilles et à les déposer sur les berges. Notre expérience a montré que la prospection en plongée est actuellement le moyen le plus efficace pour mettre en évidence la Grande Mulette dans les cours d'eau. Etant donné que peu d'opérations de ce type ont été menées, il reste potentiellement d'autres stations à découvrir et nous sous-estimons vraisemblablement le nombre de stations où l'espèce subsiste.

Concernant l'estimation de la taille de la population nous doutons de la fiabilité des méthodes de CMR utilisées par Araujo & Ramos (2000b) en raison de la sédentarité des individus et préférons un modèle basé sur la densité par secteur, avec une analyse stratifiée. En effet, d'une part les secteurs perturbés par l'envasement hébergent des groupes d'individus ponctuellement préservés au niveau des bords d'attaque des méandres, mais ces secteurs sont généralement peu profonds, en bordure du lit majeur et présentent des densités moindres. D'autre part, les densités les plus importantes (Taillebourg & Port d'Envaux) ont été observées en face des zones urbanisées. La Grande Mulette est un bivalve filtreur de l'aval des cours d'eau majeurs. A l'inverse de la Mulette perlière, elle semble affectionner des eaux plus troubles, plus chargées en matière organique et plus eutrophes. Il est donc possible que les rejets domestiques aient pu favoriser l'implantation de Grandes Mulettes à l'époque où ils ne contenaient que des substances «naturelles». Ces secteurs pourraient donc présenter une densité supérieure aux secteurs moins perturbés. La stratification est donc nécessaire, même si la répartition des individus semble homogène au sein de chaque zone favorable.

L'écart-type reste important en raison de la faiblesse de l'échantillonnage. Nous manquons de réplicats sur l'ensemble des zones favorables pour produire une estimation fiable de la taille des populations de Grande Mulettes. La méthodologie doit encore être affinée à la manière de ce que proposent Hastie *et al* (2004) pour la Mulette perlière.

Enfin, le nombre total d'individus présents dans la Charente est probablement nettement plus important. Notre zone d'étude est délimitée par la zone d'influence du barrage et une part importante de la population totale doit se trouver en amont. Les témoignages des habitants laissent même penser que les densités à l'amont sont nettement supérieures à ce qui a pu être observé lors de cette étude. Une prospection de l'ensemble du lit de la Charente doit donc être mise en place pour préciser l'importance de la plus importante population de Grande Mulette connue mondialement.

Enjeux de conservation et catégorisation IUCN

La Grande Mulette est actuellement catégorisée par l'IUCN (2008) comme en danger critique d'extinction (CR A1c). Bien que les effectifs mondiaux soient multipliés par la découverte de cette population, le statut de conservation de la Grande Mulette reste inchangé. En effet, elle reste en danger critique d'extinction selon la catégorisation IUCN (IUCN 2001), au moins pour le critère A qui prend en compte la réduction de la taille des populations. Si l'on compile les données disponibles sur sa répartition historique, données datant pour la plupart du siècle dernier, on constate que l'espèce était présente sur plus de 10 000 km de cours d'eau majeurs (sans compter leurs affluents). Aujourd'hui seules quelques centaines de kilomètres de rivière hébergent encore une population, localisée sur une partie de leur linéaire (Figure 5). L'habitat de la Grande Mulette a donc été réduit de plus de 90% sur les trois derniers siècles (Cochet 2004) et, les individus étant sédentaires, la population

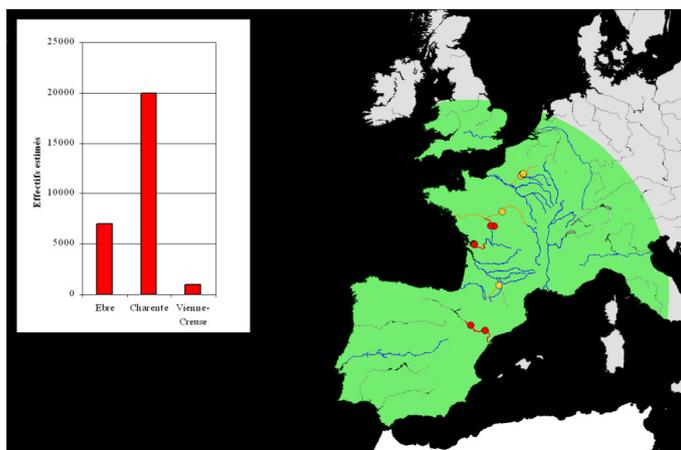


Figure 5 — Répartition ancienne et actuelle de la Grande Mulette. En rouge les cours d'eau où l'espèce subsiste, en jaune les sites où des coquilles ont été trouvées récemment et en vert l'aire de répartition ancienne (nous suivons Toledo *et al.* (2007) et considérons *Margaritifera marocana* Palary, 1918 comme une espèce distincte). Les effectifs estimés actuellement sont donnés dans l'histogramme (de gauche à droite : Elbre, Charente, Vienne-Creuse).

a dû être conséquemment réduite d'au moins 80% sur les trois dernières générations. Les causes n'ayant pas cessé l'espèce doit donc être catégorisée CR A2c.

Le critère B (basé sur l'aire de répartition) ne peut pas être ajouté puisque l'aire d'occupation de l'espèce est supérieure à 10 km² selon la définition de l'IUCN qui prend en compte une zone tampon de 10 km autour du linéaire occupé pour les espèces ne vivant que dans le lit majeur des cours d'eau. Nous considérons néanmoins que cette aire d'occupation est extrêmement restreinte et que les populations sont sévèrement fragmentées. En effet, l'hôte intermédiaire pressenti, l'Esturgeon européen *Acipenser sturio* Linnaeus, 1758, poisson migrateur, n'assure plus les connexions génétiques entre ces populations. Les autres hôtes intermédiaires possibles que sont la Blennie fluviatile *Salaria fluviatilis* (Asso, 1801) et la Gambusie *Gambusia affinis* (Baird & Girard, 1853) ne sont pas migrateurs et ne pourraient pas assurer les flux de gènes entre bassins versants. Cette fragmentation des populations et la très faible surface effectivement occupée par l'espèce constituent donc des menaces supplémentaires non négligeables.

Enfin, la probabilité d'extinction pour cette espèce qui semble ne plus se reproduire est inférieure à trois générations et plus de 50% des individus semblent avoir moins de 100 ans à vivre. Elle pourrait donc être catégorisée CR selon le critère E également basé sur la viabilité des populations, bien qu'aucune analyse de viabilité des populations (PVA) n'ait été menée jusqu'à présent.

Quel avenir pour la population de la Charente ?

Si rien n'est fait, les groupes situés à l'aval de la zone d'étude disparaîtront directement, ensevelis par l'accumulation des vases, et/ou indirectement par la disparition des conditions favorables à leur maintien. En ce sens, l'opération de désenvasement permettra à terme de retrouver un profil d'écoulement plus « naturel » et plus homogène, favorisant l'écoulement des crues et l'auto-curage du lit du fleuve. Des fonds propices à l'installation des individus de Grandes Mulettes seront potentiellement reconquis. Cependant, les mêmes causes produisant les mêmes effets, les dépôts risquent de se reformer rapidement. Le plan de gestion des étiages du bassin versant de la Charente (Filali *et al.* 2007) mené par l'EPTB prévoit notamment la réparation du système de chasse du barrage de Saint-Savinien, une meilleure gestion des prélèvements estivaux, qui concourent à limiter les débits d'étiage et des travaux d'entretien régulier du fleuve.

Ces opérations qui devront être renouvelées régulièrement ont un coût important et constituent une perturbation récurrente pour le fleuve. Face à ce constat, certains acteurs locaux envisagent l'éventualité d'effacer le barrage de Saint-Savinien pour résoudre le problème d'envasement. Une opération de curage reste inéluctable : le pouvoir érosif naturel est limité aux couches superficielles de vases non indurées et ne suffirait probablement pas à découvrir le secteur envasé. Par la suite, le retour à un fonctionnement « moins perturbé » permettrait un gain de naturalité, avec des échanges permanents et facilités entre les milieux marins et fluviatiles. On peut penser que le barrage fait actuellement obstacle aux remontées d'eaux salines et donc permet le maintien de populations de moules. Le suivi effectué par le centre d'adduction en eau potable de Coulonge montre que les remontées d'eau salées sont exceptionnelles. Quoiqu'il en soit, le barrage est ouvert lors des forts coefficients. Et au vu de l'âge supposé des individus formant la population actuelle, la Grande Mulette semble avoir été très abondante avant 1963, lorsque le fleuve présentait, au gré du balancement des marées, un caractère hydromorphologique moins contraint.

Conclusion

Les caractéristiques hydrologiques des cours d'eau à Grandes Mulettes rendent les prospections difficiles et nous sous-évaluons vraisemblablement le nombre de populations encore présentes en France. Un individu vivant avait été découvert dans la Charente (P. Jourde *com. pers.*), mais aucune estimation de la taille de la population présente ni de sa répartition n'avait été réalisée. Nos estimations donnent une fourchette de 18 000 à 44 000 individus pour les quelques kilomètres de cours d'eau prospectés en amont du barrage de Saint-Savinien. En supposant que la population totale s'étend au delà des limites de la zone d'étude, nous pouvons avancer qu'il s'agit là d'une population majeure au vu des connaissances actuelles. Des prospections complémentaires appuyées sur un protocole d'échantillonnage plus affiné devraient permettre de préciser cette estimation à l'échelle de l'ensemble du lit de la Charente, dont environ 150 km de linéaire en amont de cette zone pourraient être favorables à la présence de Grandes Mulettes. Si l'absence de reproduction est confirmée, cette population reste extrêmement fragile et des mesures de restauration doivent être mises en place rapidement pour sauver les dernières populations présentes en France.

Remerciements — P. Jourde nous a communiqué ses informations sur la Grande Mulette dans la Charente. C. Altaba nous a communiqué les informations concernant les populations espagnoles. A. Besnard nous a conseillé pour l'approche statistique de l'estimation des effectifs. A. Cuttelod et M. Seddon ont relu le manuscrit et amendé la réévaluation du statut de conservation selon les critères IUCN. G. Labasse et X. Cador nous ont guidé lors des prospections embarquées, qui furent parfois périlleuses. Special thanks to M. Seddon.

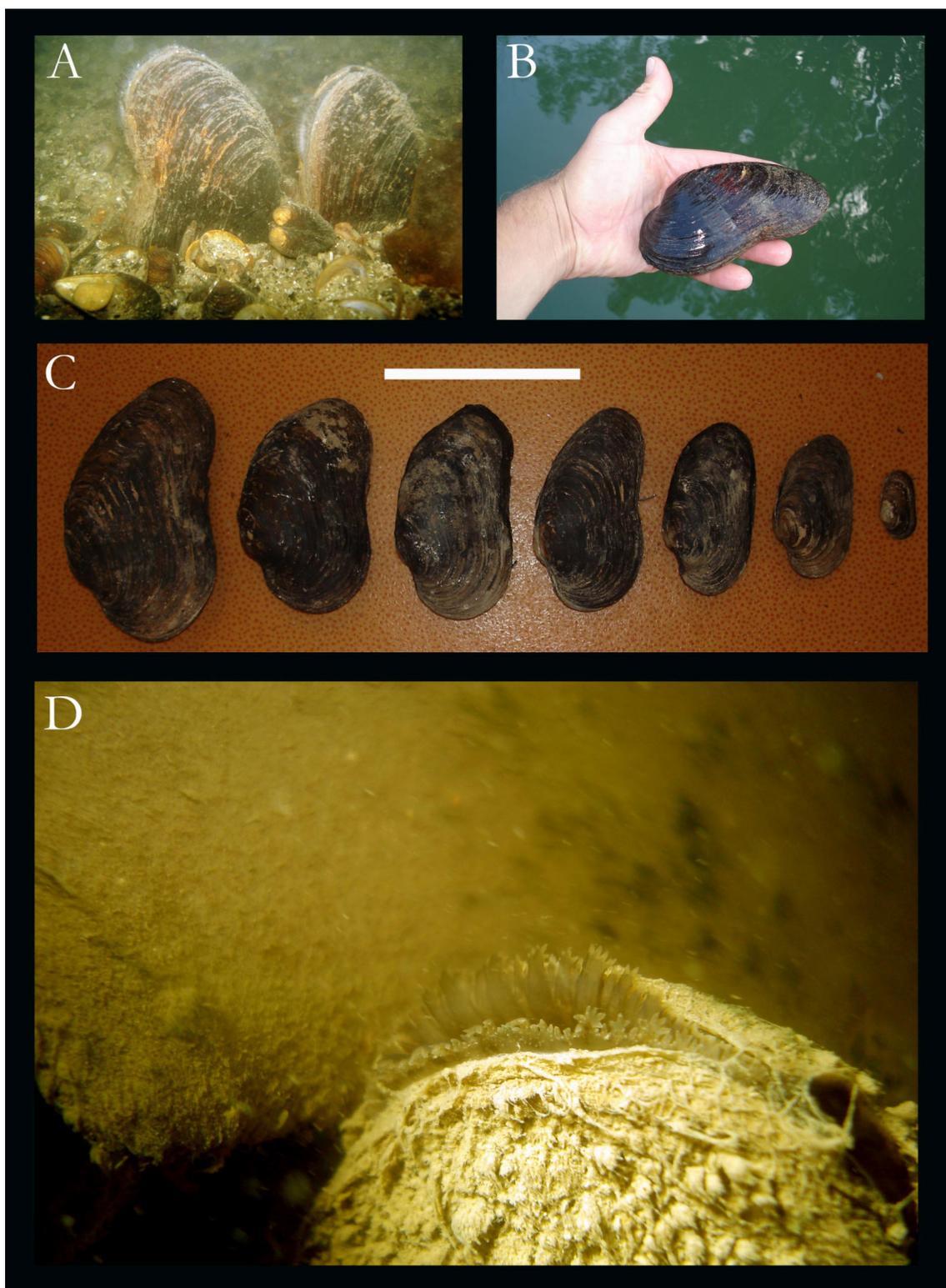


Planche 1 — Individus de *Margaritifera auricularia* observés dans le fleuve Charente.

- A. Deux Grandes Mulettes en place dans le sédiment, dans le secteur de Taillebourg.
- B. La forme parfois très auriculée des coquilles de la Charente.
- C. Différentes tailles de coquilles, échelle = 10 cm.
- D. Les siphons inhalant et exhalant en fonctionnement. La coquille est recouverte d'une pellicule d'algues et de vase.

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. 1997. Al limit de l'extinció : *Margaritifera auricularia* (Bivalvia: Unionidae). *Bulleti de la Institutio Catalana d'Historia Natural*, 65 : 137-148.
- Altaba, C. R. 2001. Demografia, habitats y ciclo vital de *Margaritifera auricularia* (Mollusca: Unionidae) en el curso inferior del Ebro. IMEDEA, Ministro de Medio Ambiente: 151 pp.
- Altaba, C. R. 2007. A propos de quelques noms de naïades : Pourquoi faut-il oublier *Potomida* et *Pseudunio*? *MalaCo*, 4 : 148-149.
- 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. & Moreno, R. 1999. Former Iberian distribution of *Margaritifera auricularia* (Spengler) (Bivalvia: Margaritiferidae). *Iberus*, 17(1) : 127-136.
- Araujo, R. & Ramos, M. A. 1998. *Margaritifera auricularia* (Unionoidea, Margaritiferidae), the giant freshwater pearl mussel rediscovered in Spain. *Graellsia*, 54 : 129-130.
- Araujo, R. & Ramos, M. A. 2000a. A critical revision of the historical distribution of the endangered *Margaritifera auricularia* (Spengler, 1782) (Mollusca: Margaritiferidae) based on Museum specimens. *Journal of Conchology*, 37(1) : 49-59.
- Araujo, R. & Ramos, M. A. 2000b. Status and conservation of the giant European freshwater pearl mussel (*Margaritifera auricularia*) (Spengler, 1793) (Bivalvia: Unionoidea). *Biological Conservation*, 96 : 233-239.
- Araujo, R. & Ramos, M. A. 2001. Action plans for *Margaritifera auricularia* and *Margaritifera margaritifera* in Europe. *Nature and environment*, 117 pp.
- Bichain, J.-M. 2005. Découverte de valves de *Pseudunio auricularius* (Spengler, 1793) en Haute-Garonne. *MalaCo*, 1 : 8.
- Cochet, G. 2001a. *Margaritifera auricularia* sur le cours de la Vienne. Bilan des connaissances, impact des aménagements, gestion et protection. DIREN Centre: 24 pp.
- Cochet, G. 2001b. 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. 2002. La Grande Mulette (*Margaritifera auricularia*) dans la Vienne et la Creuse. Atlas, DIREN Centre : 26 pp.
- Cochet, G. 2004. La moule perlière et les naïades de France. Catiche Productions : 32 pp.
- Cucherat, X. & F. Boca 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.
- Filali, R., Coupry, B., Neveu, J., 2007. La gestion du cycle de l'eau à l'échelle du bassin fluvial de la Charente, Géologues, 154 : 9-14.
- Hastie, L. C., Cooksley, S. L., Scougall, F., Young, M. R., Boon, P. J. & Gaywood, M. J. 2004. Applications of extensive survey techniques to describe freshwater Pearl Mussel distribution and macrohabitat in the river Spey, Scotland. *River Research Application*, 20 : 1001-1013.
- IDRA Ingénierie Environnement. 2007. Etude préalable au curage de la Charente entre l'A10 et l'A837 : objectifs de dragage et volumes à extraire (situation en 2009). EPTB Charente, IDRA Ingénierie Environnement, 73 pp.
- IUCN 2001. Catégories et Critères de l'IUCN pour la Liste Rouge. IUCN. Gland, Suisse et Cambridge, Royaume-Uni, IUCN. Version 3.1. : 32 pp.
- IUCN 2008. The IUCN redlist of threaten species. <http://www.iucnredlist.org/search/details.php/12798/summ>, consulté en Mars 2008.
- Lincoln, F.C. 1930. Calculating waterfold abundance on the basis of banding returns. USDA Circular 118, 1-4.
- MNHN 2005. Inventaire National du Patrimoine Naturel, Muséum national d'Histoire naturelle. <http://inpn.mnhn.fr/>. Consulté en Décembre 2007.
- Nienhuis, J. A. J. H. 2003. The rediscovery of Spengler's freshwater pearl mussel *Pseudunio auricularius* (Spengler, 1793) (Bivalvia, Unionoidea, 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.
- Toledo, C., Van Damme, D., Araujo, R. & Machordom, A. 2007. *Margaritifera marocana* Pallary, 1918, a distinct species of *Margaritifera* still survives in Morocco. (Poster 48). In: Kurt Jordaens, N.V.H., Jackie Van Goethem & Thierry Backeljau, [Ed.] World Congress of Malacology, Antwerpen, 298p.
- White, G. C., Anderson, D. R., Burnham, K. P. & Otis, D. L. 1982. *Capture-recapture and removal methods for sampling closed populations*. Los Alamos, New Mexico, USA. 235 pp.
- Wilcox, D., Dove, B., McDavid, D. & Greer, D. 2002. Image Tool for Windows version 3.00. Uthsca. San Antonio, UTHSCA. <http://ddsdx.uthscsa.edu/dig/itdesc.html>, consulté en 2008.

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.
Publié sur www.journal-malaco.fr

Découverte de *Sinanodonta woodiana* (Lea, 1834) (Bivalvia : Unionacea) dans un réservoir eutrophe : le Grand Large en amont de Lyon (Rhône, France)

Discovery of *Sinanodonta woodiana* (Lea, 1834) (Bivalvia: Unionacea) in an eutrophic reservoir: The Grand Large upstream from Lyon (Rhône, France)

Jacques MOUTHON

Cemagref, DSA, 3 bis quai Chauveau, CP 220, 69336 Lyon cedex 09, France
E-mail : mouthon@lyon.cemagref.fr

Soumis le 18/09/2007, accepté le 07/11/2007

Résumé — L'anodonte chinoise, *Sinanodonta woodiana* a été découverte pour la première fois dans une pisciculture près d'Arles (Sud de la France). Elle vient d'être trouvée dans un réservoir eutrophe, le Grand Large en amont de Lyon où elle est associée à d'autres bivalves invasifs *Corbicula fluminea* et *Dreissena polymorpha*.

Abstract — The Chinese pond mussel *Sinanodonta woodiana* was recorded for the first time from a fish hatchery near Arles (Southern France). It has recently been found in a eutrophic reservoir, le Grand Large upstream from Lyon where it is associated with the other alien species *Corbicula fluminea* and *Dreissena polymorpha*.

Mots clés — *Sinanodonta woodiana*, France, bivalve invasif.

Key-words — *Sinanodonta woodiana*, France, alien mussel.

Sinanodonta woodiana est originaire de l'est de l'Asie (Dudgeon & Morton 1983, Chang 1991). Au cours des cinquante dernières années, sa présence a été signalée dans plusieurs étangs ou bassins de pisciculture, en Hongrie, en Roumanie puis en France mais également en Indonésie, en République dominicaine et au Costa Rica (Watters 1997). Les larves (glochidies) de *S. woodiana* parasitant différentes espèces de poissons au cours de leur développement, le caractère accidentel de ces introductions ne fait guère de doute.

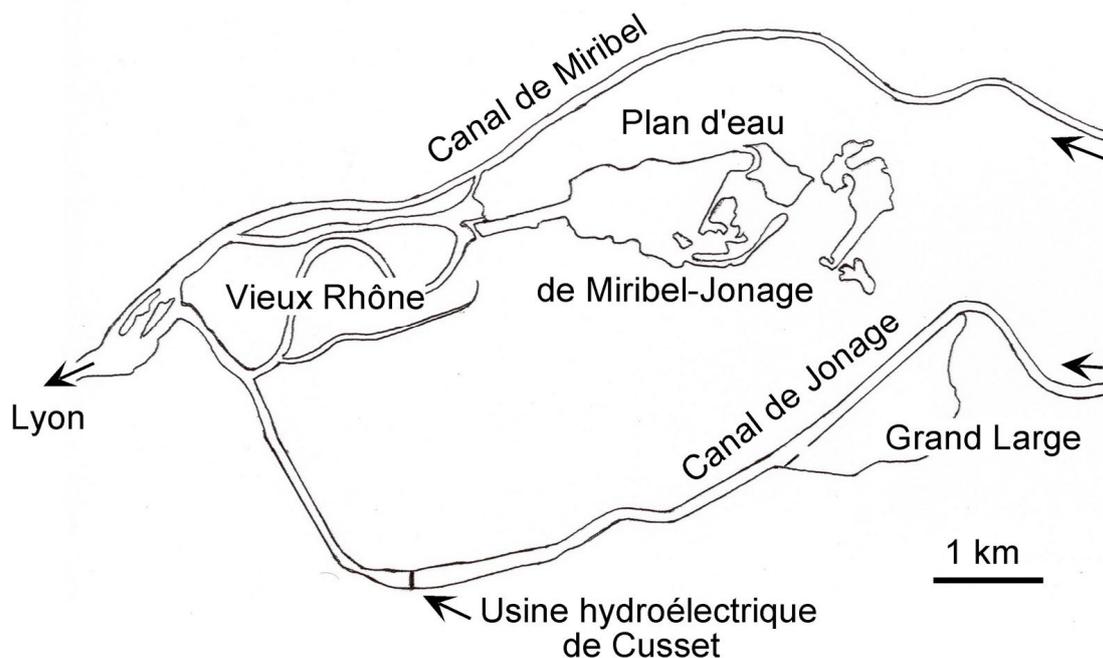


Figure 1 — Situation du réservoir du Grand Large dans les aménagements du Rhône en amont de Lyon.

Depuis sa première récolte dans l'étang des gravières (Bouches du Rhône) *S. woodiana* a colonisé différents canaux, étangs et marais de Camargue mais sa répartition restait jusqu'ici limitée au pourtour méditerranéen (Girardi & Leroux 1989, Girardi 2002). Sa découverte lors de prospections effectuées en juin et juillet 2007 dans le plan d'eau du Grand Large, en amont de Lyon montre que ce n'est plus le cas (Figure 1). Les principales caractéristiques de ce réservoir eutrophe sont les suivantes : superficie 160 hectares, longueur 2,5 km, largeur 1,1 km, profondeur max. 3,7 m (Bravard 1987).

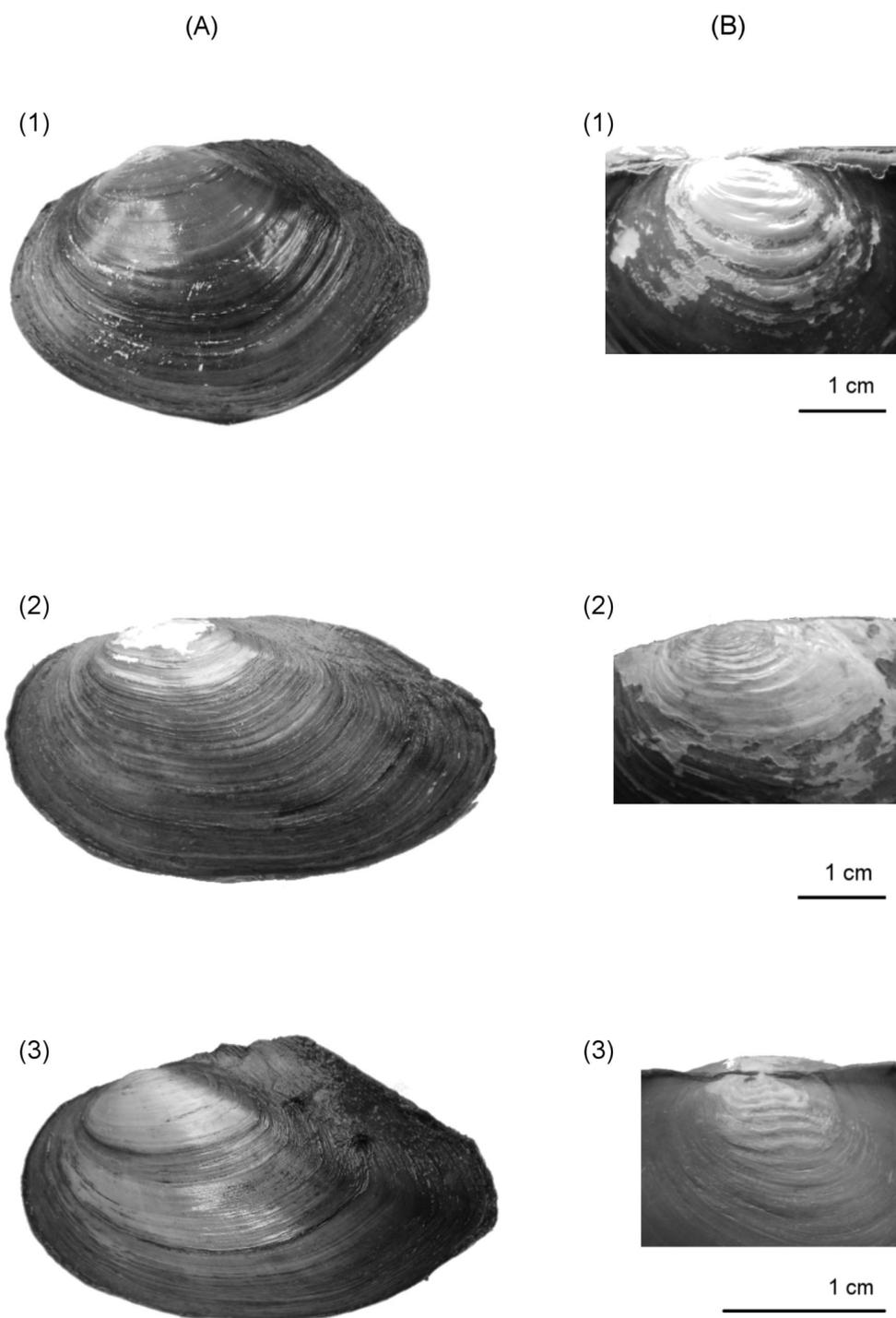


Figure 2 — (A) : Coquille des différentes espèces d'anodonte, (1) *S. woodiana*, L : 126 mm ; (2) *A. cygnea*, L : 130 mm ; (3) *A. anatina*, L : 94 mm ; (B) : détails de la sculpture du sommet (umbo), (1) *S. woodiana* ; (2) *A. cygnea* ; (3) *A. anatina*. (Photos G. Le Goff).

Une douzaine d'individus a été récoltée à une profondeur comprise entre 0,5 et 1,2 m. Leur longueur varie de 8,7 à 13,5 cm. La taille maximale de *S. woodiana* atteint 15 cm dans le réservoir Plover Cove à Hong Kong (Dudgeon & Morton 1983), 21 cm dans un canal aux eaux réchauffées par une centrale électrique en Ukraine (Afanasjev et al. 2001) et jusqu'à 25 cm dans l'étang des gravières (Girardi & Leroux 1989). Parmi les différentes espèces échantillonnées aux côtés de *S. woodiana* figurent *Unio pictorum* (Linnaeus, 1758), *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771) et de nombreux spécimens de *Corbicula fluminea* (O.F. Müller, 1774).

S. woodiana se distingue des deux autres espèces d'anodontes européennes *Anodonta cygnea* (Linnaeus, 1758) et *A. anatina* (Linnaeus, 1758) par sa forme générale plus arrondie et plus renflée (Figure 2A) et par la présence au sommet de la coquille, le plus souvent érodé, de larges rides blanchâtres qui se superposent aux stries d'accroissement plus fines (Figure 2B).

Les relations entre le Grand Large et le canal de Jonage, dérivation du Rhône, sont limitées par une digue (Figure 1). Toutefois, l'interruption de cette dernière sur une partie de son cours rend possible l'accès au Rhône d'individus de *S. woodiana* ou de poissons comme la carpe commune (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1766) susceptibles d'être porteurs de glochidies. Cependant le phytoplancton qui constitue la nourriture principale des Unionidae n'étant généralement présent qu'en faibles concentrations dans le fleuve, à l'exception peut être de quelques secteurs comme la retenue de Viviers, celui-ci ne représente pas, *a priori*, un milieu particulièrement favorable au développement de cette espèce.

Remerciements — Merci à M-C Roger et à M. Vieille-Blanchard (Cemagref, Lyon) de m'avoir communiqué les coquilles de *Sinanodonta woodiana* récoltées lors de la campagne de juin 2007 et à G. Le Goff qui a réalisé les clichés.

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 (1) : 123-131.
- Bravard, J-P. 1987. Le Rhône, Du Léman à Lyon. Collection L'Homme et la Nature, La manufacture (ed.), Lyon, 452 pp.
- Chang, K.M. 1991. Catalogue of fresh water shells of Taiwan. *Bulletin of Malacologia, Republic of China* 16 : 85-96.
- Dudgeon, D. & Morton, B. 1983. The population dynamics and sexual strategy of *Anodonta woodiana* (Bivalvia: Unionacea) in Plover Cove Reservoir, Hong Kong. *Journal of Zoology, London*, 201 : 161-183.
- 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 : 286-290.
- Girardi, H. 2002. Notes sur la présence de mollusques dulçaquicoles en Camargue (Bouche-du-Rhône, France) (Mollusca : Gastropoda et Bivalvia). *Documents Malacologiques*. 3 : 3-8.
- Watters, G.T. 1997. A synthesis and review of the expanding range of the Asian freshwater mussel *Anodonta woodiana* (Lea, 1834) (Bivalvia: Unionidae). *The Veliger*, 40 (2) : 152-156.

Les plans d'échantillonnage et les techniques de prélèvements des mollusques continentaux

Sampling strategies and collecting techniques for land and freshwater molluscs

Xavier CUCHERAT¹ & Sylvain DEMUYCK²

¹ Biotope / GREET, Agence Nord - Pas-de-Calais, Avenue de l'Europe, ZA de la Maie, F-62720 Rinxent, France

² Laboratoire d'Écologie numérique et d'Écotoxicologie EA3570-FR1818, Université des Sciences et Technologies de Lille, F-59655 Villeneuve d'Ascq CEDEX, France

Correspondance : xcucherat@biotope.fr

Soumis le 05/11/2007, accepté le 24/12/2007

Résumé — Les mollusques continentaux sont souvent ignorés dans les études de milieu. Ce fait est généralement lié à une méconnaissance de ce groupe zoologique, des données éparées ou acquises de manière indépendante par différents auteurs en employant des stratégies d'échantillonnage et/ou des méthodes de prélèvement différentes. Cependant, de nombreux mollusques continentaux sont reconnus comme vulnérables et bon nombre sont inscrits sur des listes d'espèces protégées. Cet article présente et critique les différentes stratégies d'échantillonnage (plans et méthodes) utilisées pour l'étude des mollusques dulcicoles et terrestres dans le but de définir de meilleures approches.

Abstract — Non-marine molluscs are often forgotten when it comes to environmental assessment studies. This is mainly due to the lack of knowledge of this zoological group, of the scattered data that has been collected in an independent way by different authors using different sampling strategies and/or methods. However many continental molluscs are recognized as being vulnerable and a fair number are registered on protected species' lists.

This paper presents and analyses the different sampling strategies (schemes and methods) used for the study of freshwater and land Molluscs in order to define better approaches.

Mots clés — Mollusques continentaux, échantillonnage, prélèvements.

Keywords – Non marine molluscs, sampling, collecting.

Introduction

La mise en œuvre d'études spécifiques (écologie, répartition, etc.) sur un groupe donné dans une région donnée requiert la connaissance de plusieurs éléments fondamentaux. Dans un premier temps, il est indispensable d'avoir à connaissance une liste de référence des espèces sur le territoire étudié. Puis, dans un second temps, il est également nécessaire de connaître les méthodes statistiques (stratégie d'échantillonnage) permettant une approche rigoureuse (plans d'échantillonnage) par rapport à la problématique soulevée, ainsi que les méthodes de prélèvement ou de récolte spécifiques au groupe étudié sur lesquelles s'appuyer.

La réalisation d'une liste de référence est surtout une affaire de temps lorsque le territoire est grand. Ce travail est relativement aisé quand il s'agit d'un groupe faunistique dont la systématique est achevée ou bien connue et pour lequel il existe des spécialistes pour réaliser la liste de référence. La liste de référence des mollusques continentaux de France en est un bon exemple (Falkner *et al.* 2002).

En revanche, la mise en place de stratégies d'échantillonnage et le choix des méthodes de prélèvements aptes à estimer des densités d'espèces, répartition, etc., d'un point à un autre, ou d'un moment à un autre, est difficile. Il n'existe pas forcément de méthodes bien adaptées à toutes les espèces et à toutes les situations de terrain et elles font toujours débat (Bishop 1977a, Falkner *et al.* 2001). Enfin, les méthodes de récoltes ne sont pas toujours connues des personnes qui mènent des études.

Le premier objectif de cet article est de favoriser l'intégration des mollusques continentaux en tant qu'outils dans les différentes études environnementales fondamentales ou appliquées. Le second objectif est de fournir des éléments méthodologiques aux gestionnaires d'espaces naturels ou autres personnes impliquées dans des études écologiques pour l'étude de ce groupe faunistique. Pour cela, cet article s'attachera à présenter les différents plans d'échantillonnage et les méthodes de prélèvements des mollusques continentaux. Ensuite, chaque plan d'échantillonnage et méthode de récolte fera l'objet d'une analyse critique.

Les plans d'échantillonnage

Les "plans d'échantillonnage" classiquement utilisés pour l'étude des mollusques continentaux peuvent être classés en deux groupes. Le premier est celui s'appuyant sur un objectif de représentativité statistique. Il contient l'échantillonnage aléatoire et l'échantillonnage stratifié. Le second groupe est celui qui s'appuie sur l'expérience et les connaissances de l'observateur. Le plan d'échantillonnage concerné peut être appelé "échantillonnage raisonné".

Les intérêts et les contraintes liés aux différents plans d'échantillonnage ont été discutés par Scherrer (1983), en particulier l'échantillonnage aléatoire et l'échantillonnage stratifié. Aussi bien pour les mollusques terrestres qu'aquatiques, l'échantillonnage aléatoire simple, apparemment aisé, est assez souvent utilisé (Mariani & Ravera 1977, Bishop 1981, Savage & Gazez 1987, Bába & Podani 1992, Waldén 1992b, Strayer *et al.* 1994, Millar & Waite 1999, Kalisz & Powell 2003, Watson & Ormerod 2004). L'échantillonnage aléatoire simple consiste à réaliser des observations, des mesures ou des prélèvements, au hasard dans l'espace et/ou dans le temps et n'est concrètement applicable qu'à petite échelle. Cette stratégie, directement issue de la théorie des probabilités, est coûteuse dès que l'espace étudié est important et hétérogène. Dans la mesure où les connaissances préalables existent toujours (où peuvent être facilement obtenues) sur l'espace étudié, le plan d'échantillonnage stratifié est beaucoup plus adapté aux études écologiques, aussi bien du point de vue des réponses qu'il apporte que du point de vue du coût qu'il induit. En effet, il consiste en un découpage préalable, à un ou plusieurs niveaux, de l'espace étudié, fondé sur des éléments telles que la structure du paysage en grands types de milieu (découpage en prairie, forêt, champs, etc.), la structure de la végétation, sa nature, etc. L'espace prédécoupé pourra être échantillonné à moindre coût sans omission d'entités écologiques importantes.

Cette stratégie permettra à la fois de caractériser le secteur d'étude dans son intégralité (comme échantillonnage aléatoire) mais aussi partie par partie (caractérisation de chaque "strate" établie à partir d'éléments évoqués précédemment). Ce type de plan d'échantillonnage est fréquemment utilisé dans le domaine de la malacologie continentale. Par exemple, les travaux de Dyduch-Falniowska & Tobis (1989), Outeiro *et al.* (1989), Jankowiak *et al.* (1991), Štamol (1991), Outeiro *et al.* (1993), Štamol (1993), Hermida *et al.* (1995), Bába (1997), Davies & Grimes (1999), Bába (2002), Deli (2002), Deli *et al.* (2002), Martin & Sommer (2004a, 2004b) et Ondina *et al.* (2004) s'appuient sur un découpage préalable de leur aire d'étude, le plus souvent en différents habitats (communautés végétales), tandis que les travaux de Magnin *et al.* (1995), Labaune & Magnin (2001), Kiss & Magnin (2002), Labaune & Magnin (2002), Kiss & Magnin (2003) et Kiss *et al.* (2004) reposent sur la stratification du paysage et de la structure de la végétation ou sur la date des incendies et la structure de la végétation.

En ce qui concerne les mollusques aquatiques, la stratification repose sur les différents types d'habitats (substrat, communautés végétales) (Lodge 1985, 1986, Foeckler 1991, Foeckler *et al.* 1991, Lewis & Magnuson 2000) ou sur la profondeur (Brown 1997).

L'échantillonnage raisonné repose sur l'expérience et les connaissances de l'observateur. Il repose donc sur un effort d'échantillonnage dans les différents types de milieux ou dans chaque entité écologique, qui est fonction de cette expérience. Il pourrait être assimilé à un échantillonnage stratifié "sophistiqué". Le défaut majeur de cette pratique est qu'elle manque de rigueur. Ainsi des éléments du paysage (des strates) sont souvent négligés au profit d'autres éléments, sur la base de "l'expérience" de l'observateur et de ses centres d'intérêt, comme si cette expérience était déjà parfaite. Un biais statistique est donc induit. De plus, ce biais s'aggravera au cours des prospections et avec l'expérience de l'observateur, puisque les éléments du paysage négligés par l'observateur le sont de plus en plus, au profit de ceux qui sont favorisés et qui fournissent donc à l'observateur les données les plus "satisfaisantes". Cette démarche n'est donc pas utilisable dans le cadre d'une exploration statistique des données et d'autant moins que les données proviennent d'observateurs différents, donc "d'expériences" différentes. Dans la majorité des études en malacologie continentale, la plupart des plans d'échantillonnage présentés peuvent être rattachés au plan d'échantillonnage "raisonné" (Macan 1950, Baker 1969, Wärebom 1969, Mason 1970, Harman 1972, Paul 1975, Bishop 1977b, Paul 1978a, 1978b, Bishop 1980, Cameron *et al.* 1980, Dillon 1980, Mouthon 1981, Legendre *et al.* 1984, Brönmark 1985, Pip 1986, Mouthon 1987a, 1987b, Balaku *et al.* 1989, Mouthon 1989, 1990, Tattersfield 1990, Jankowiak *et al.* 1991, Nyilas & Sümegi 1991, Waldén *et al.* 1991, Young & Evans 1991, Mouthon 1992a, 1992b, Mouthon 1993, Dussart *et al.* 1995, Eleutheriadis & Lazaridou-Dimitriadou 1995, Magnin & Taton 1995, Mouthon 1995, Ruesink 1995, Wardhaugh 1995, Costil & Clement 1996, Gosteli 1996, Mouthon 1996b, 1996a, 1997, Wardhaugh 1997, Killeen, I.J. 1998, Barker & Mayhill 1999, Emberton *et al.* 1999, Mouthon 1999, Blanc & Gérard 2001, Carlsson 2001, Grimm & Paill 2001, Mouthon 2001, Tattersfield *et al.* 2001, Bonham *et al.* 2002, Darby *et al.* 2002).

Les méthodes de prélèvements

La méthode de prélèvement est largement dépendante des moyens disponibles, des caractéristiques du groupe faunistique étudié (localisation, taille des individus et des différentes espèces, comportement, etc.), en l'occurrence ici, les mollusques continentaux, et du (des) milieu(x) étudié(s). Les méthodes les plus fréquemment utilisées pour l'étude des mollusques continentaux sont :

- Le prélèvement sur une surface définie (ou méthode des quadrats) ;
- Le prélèvement par volume de litière défini (ou méthode volumique) ;
- Le prélèvement par piégeage à l'aide de pots enterrés (ou pièges de Barber) ;
- Le prélèvement à "vue" (ou chasse à "vue").

À cette liste, on ajoutera quelques autres méthodes plus spécifiques à certains groupes de mollusques continentaux.

La méthode des quadrats et des cylindres

Le principe de la méthode repose sur la récolte de tous les individus de toutes les espèces présents à l'intérieur d'une surface définie. Il s'agit ici de ramasser la litière et la végétation dressée ou encore le sédiment, pour les milieux aquatiques, situés dans cette aire et d'en récupérer les individus vivants ou morts. La taille de ce prélèvement unitaire, effectué à l'intérieur d'un cadre posé au sol ou sur le sédiment, varie en fonction de la taille des individus étudiés. Quel que soit le type d'étude, la dimension la plus utilisée est de 25 cm² (Baker 1969, Bishop 1977a, Cameron *et al.* 1980, Bishop 1981, Jankowiak *et al.* 1991, Young & Evans 1991, Bába 1992, Bába & Podani 1992, Bába 1997, Davies & Grimes 1999, Bába 2002, Kiss & Magnin 2002, 2003, Kiss *et al.* 2004, Martin & Sommer 2004a, 2004b). Toutefois, la dimension du cadre varie selon les auteurs. Elle peut être de 5 cm (Eleutheriadis & Lazaridou-Dimitriadou 1995), de 15 cm (Ruesink 1995), de 20 cm (Dyduch-Falniovska & Tobis 1989), de 50 cm (Mariani & Ravera 1977, Coney *et al.* 1982, Waldén *et al.* 1991, Magnin & Taton 1995, Millar & Waite 1999, Falkner *et al.* 2001, Antoine 2002, Watters *et al.* 2005), de 60 cm (Ojea *et al.* 1987) ou de 70 cm (André 1981, 1982, Outeiro *et al.* 1989, Outeiro *et al.* 1993, Hermida *et al.* 1995, Ondina *et al.* 2004). Pour d'autres auteurs, le cadre peut mesurer 4 m (Dillon 1980) ou 20 m de côté (Emberton *et al.* 1999).

Dans tous les cas d'étude, les individus situés à l'intérieur du cadre sont récoltés avec la litière et la végétation dressée ou sont récoltés à "vue". La récolte à "vue" n'est utilisée que pour les grandes espèces (> 5 mm) et elle s'effectue suivant une durée déterminée. En ce qui concerne la litière et la végétation dressée, une série de tamisages sur mailles décroissantes permet de récupérer les individus des petites espèces. Lorsque de la litière est récoltée, celle-ci l'est sur une épaisseur comprise entre 3 et 5 cm (par exemple Ojea *et al.* 1987, Young & Evans 1991, Ondina *et al.* 2004).

On signalera également, l'utilisation de cylindres d'un diamètre de 12 cm pour l'étude des mollusques terrestres (Mason 1970) ou de 15 cm diamètre pour l'étude des mollusques aquatiques (Brown 1997).

En théorie, le choix de la taille et du nombre de quadrats à effectuer doivent être déterminés en fonction de l'hétérogénéité du milieu, de la taille des différentes espèces présentes, de leurs densités et de la précision souhaitée pour l'estimation. Dans la mesure où ces éléments ne sont pas connus *a priori*, la stratégie idéale consiste à effectuer un échantillonnage préalable permettant d'optimiser l'échantillonnage définitif. L'usage est souvent, pour des raisons d'économie de temps ou par habitude, de faire un échantillonnage unique s'appuyant sur un nombre préétabli de quadrats de prélèvements.

La méthode volumique

Le but de cette méthode est principalement de récolter les espèces de mollusques terrestres vivants au niveau de la litière (Wäreborn 1969, Cameron *et al.* 1980, Waldén 1981, André 1982, Coney *et al.* 1982, Waldén 1992a, Wardhaugh 1995, Gosteli 1996, Wardhaugh 1997, Holyoak 2003, Horsák & Hájek 2003, Horsák 2005). Le volume de litière recueilli varie entre 1 et 20 litres (par exemple Wardhaugh 1995, 1997). Dans leurs études, les auteurs ne précisent pas le nombre de répliqués. Enfin, la litière récoltée est ensuite tamisée en laboratoire, parfois directement sur le terrain.

La recherche à "vue"

Les espèces visibles à l'œil nu sont recherchées dans tous les milieux favorables (morceaux de bois, sous les pierres, troncs d'arbre, etc.) et sont ramassées à la main ("hand-picking") (Paul 1975, Bishop 1977b, Paul 1978a, Bishop 1980, Cameron *et al.* 1980, Dillon 1980, Brönmark 1985, Pip 1986, Jokinen 1987, Tattersfield 1990, Nyilas & Sümegi 1991, Dussart *et al.* 1995, Wardhaugh 1995, Gosteli 1996, Wardhaugh 1997, Barker & Mayhill 1999, Emberton *et al.* 1999, Lewis & Magnuson 2000, Micharlik-Kucharz *et al.* 2000, Falkner *et al.* 2001, Labaune & Magnin 2001, Bonham *et al.* 2002, Darby *et al.* 2002, Kiss & Magnin 2002, Labaune & Magnin 2002, Kiss & Magnin 2003, Cameron & Pokryszko 2004, Kiss *et al.* 2004, Pokryszko & Cameron 2005, Pokryszko *et al.* 2006, Boschi & Baur 2007a, 2007b).

Dans l'optique d'une "standardisation" de l'effort d'observation, de nombreux auteurs (la plupart de ceux précédemment cités) ont recours à une chasse limitée par une durée de temps fixée, allant de 15 minutes à 1 heure. L'alternative est de ne pas fixer de durée et de considérer que le prélèvement est terminé quand le milieu a été suffisamment visité et qu'aucune nouvelle espèce n'a été observée. La plupart des auteurs ont recours à ce type de recherche pour compléter d'autres méthodes. Plus particulièrement, ils utilisent la recherche à "vue" en complément de la méthode des quadrats, surtout lorsque ceux-ci sont de grandes dimensions (par exemple Dillon 1980, Emberton *et al.* 1999), ou pour la recherche des grandes espèces (par exemple Falkner *et al.* 2001, Labaune & Magnin 2001), lorsque les quadrats sont utilisés pour la récolte des petites espèces.

Le pot-piège ou piège de Barber

Les pots-pièges ou pots de Barber ("pitfall traps") consistent en des pots enterrés dans le sol et répartis dans le milieu de manière aléatoire, régulière ou "raisonnée" (Hornung 1991, Kalisz & Powell 2003). Les individus tombant dans le pot se noient dans un liquide de conservation (éthylène-glycol ou propylène-glycol) dont est rempli le piège. Il s'agit d'une méthode beaucoup plus fréquemment utilisée pour la capture d'insectes (Carabes en particulier) que pour les mollusques terrestres.

Les pièges à limaces

Le piégeage des limaces repose sur le fait que ces organismes recherchent un endroit humide et tempéré pour séjourner entre deux phases d'activité (Hommay & Briard 1988). Ainsi, le piégeage consiste à placer des pièges sur le sol ("refuge traps"), de surface plane, maintenant l'humidité de celui-ci. Ces pièges sont ensuite répartis sur le site à étudier.

La surface et la nature de la plaque utilisée sont variables : plaques de PVC surmontant de la mousse imbibée d'eau (Hommay & Briard 1988), plaque de polystyrène (Grimm & Paill 2001), plaques d'Isorel ("Masonite") (Suominen *et al.* 2002), etc. La surface de la plaque peut être de 1/4 de m² (Hommay & Briard 1988, Grimm & Paill 2001). Ce type de piégeage a été utilisé pour le suivi des populations de limaces dans les zones de grandes cultures (Hommay & Briard 1988) et pour connaître la répartition et l'activité des limaces en prairie (Grimm & Paill 2001). Suominen *et al.* (2002) ont utilisé des plaques d'Isorel de 40 cm de côté pour comparer des stations forestières.

Une autre méthode pour piéger les limaces et les récolter vivantes a été présentée par Frank (1998). Il s'agit d'utiliser des boîtes de Pétri régulièrement réparties dans le milieu à étudier et contenant un mélange de farine, d'aliment pour chat et de l'eau (ratio 1:1:5) pour attirer les limaces. Une méthode très similaire a été utilisée par Moens (1982) pour la capture d'escargots.

La récolte à l'aide d'un fauchoir

La méthode du fauchoir ("baiting method") consiste à avancer en balayant la végétation de part et d'autre du trajet, à l'aide d'un filet de toile forte. Cette méthode peut être utilisée dans des milieux herbacés et permet de capturer les mollusques terrestres (escargots et limaces) qui escaladent les végétaux. Elle doit être employée de préférence le matin ou le soir, lorsque les mollusques sont les plus actifs.

Très proche de la méthode du fauchoir, une autre méthode consiste à secouer vigoureusement la végétation et à récupérer les individus de *Vertigo moulinsiana* (Dupuy, 1849) escaladant les tiges des héliophytes sur une bâche colorée (par exemple Killeen & Moorkens 2003) ou dans une boîte (Holyoak 2003).

Le cas particulier des mollusques aquatiques (escargots et moules d'eau douce)

Contrairement aux mollusques terrestres, il n'existe pas de méthodes spécifiques pour récolter les mollusques dulçaquicoles, à l'exception des mollusques stygobies et hyporhéiques (Vial 2000). Les méthodes de récolte utilisées pour les mollusques aquatiques sont généralement les mêmes que celles utilisées pour les autres macro-invertébrés dulçaquicoles. On se référera au travail de Southwood & Henderson (2000) qui ont présenté les différentes méthodes de récoltes des macro-invertébrés dulçaquicoles.

Toutefois, on remarque que la récolte des mollusques aquatiques à l'aide d'une épuisette ou d'un troubleau est la plus utilisée (Macan 1950, Harman 1972, Brönmark 1985, Lodge 1985, Jokinen 1987, Mouthon 1987a, Balaku *et al.* 1989, Mouthon 1989, Foeckler 1991, Foeckler *et al.* 1991, Mouthon 1992a, 1992b, Mouthon 1993, 1995, Costil & Clement 1996, Mouthon 1996b, 1996a, Killeen, I. J. 1998, Mouthon 1999, Lewis & Magnuson 2000, Blanc & Gérard 2001, Carlsson 2001, Mouthon 2001, Watson & Ormerod 2004). Les dimensions de l'épuisette et sa forme dépendent des auteurs.

La recherche à vue est également utilisée dans le cas des récoltes de mollusques aquatiques, mais elle est très généralement utilisée en complément de la récolte avec un troubleau ou une épuisette (Macan 1950, Harman 1972, Pip 1986).

La récolte des mollusques aquatiques peut également se faire sur une surface carrée (Eleutheriadis & Lazaridou-Dimitriadou 1995, Antoine 2002) ou sur une surface circulaire (cylindre) (Savage & Gazey 1987, Brown 1997).

La plongée est rarement utilisée lors des études sur les communautés de Gastéropodes aquatiques (Harman 1972, Lewis & Magnuson 2000), tandis qu'elle l'est beaucoup plus pour l'estimation de densité des Bivalves d'eau douces (Neseman & Nagel 1989, Araujo & Ramos 2000, 2001, Prié *et al.* 2007). En ce qui concerne les rivières, les fleuves et les lacs profonds, la récolte des mollusques aquatiques est effectuée à l'aide d'une drague ou d'une benne (Macan 1950, Legendre *et al.* 1984, Mouthon 1987a, 1987b, 1989, 1990, 1992b, Mouthon 1993, Strayer *et al.* 1994).

Discussion

Mason (1970) est l'un des premiers à discuter de l'efficacité des différentes méthodes de récolte (méthode volumique, recherche à "vue", etc.) et de tri de litière (flottaison, tamisage, etc.) pour l'étude des mollusques terrestres et précise qu'aucune d'entre elles ne donne des résultats satisfaisant. C'est en 1977, avec Bishop (1977a), qu'arrivent de réelles interrogations sur les approches méthodologiques à employer pour étudier la relation entre les mollusques et leur milieu. Pour ce type d'étude, il insiste sur la nécessité d'obtenir des données quantitatives, sans toutefois effectuer des comparaisons des différentes méthodes de récolte qui permettraient d'atteindre ce but.

Depuis, de nombreux auteurs (par exemple André 1981) ont apporté des contributions partielles à cette problématique, mais le consensus n'existe pas encore. La méthode des quadrats est actuellement la plus utilisée (par exemple Falkner *et al.* 2001). Elle s'intègre généralement dans des plans d'échantillonnage aléatoires et stratifiés (par exemple Labaune & Magnin 2002). Son avantage est de procurer, à nombre de prélèvements égal en quantité, un effort d'observation et des prélèvements comparables, en terme de densité, pour toutes les récoltes et, ainsi, est recommandé par de nombreux auteurs (Bishop 1977a, Devriese 1989, Falkner *et al.* 2001). Elle permet également de fournir des données exploitables pour les traitements statistiques et d'établir une relation entre l'effort d'observation et les résultats (Falkner *et al.* 2001). En revanche, il existe, entre les auteurs, un certain désaccord sur la dimension des quadrats à adopter. Pour les carrés de prélèvements élémentaires, Bishop (1977a) conseille des quadrats de 1/16 de m² alors que Devriese (1989) et Falkner *et al.* (2001) recommandent des quadrats de 1/4 de m², considérant que cette surface est l'aire minimale pour récolter les mollusques terrestres. Par ailleurs, la méthode des quadrats présente néanmoins des inconvénients liés au tri de la litière (Cucherat, inédit). Ainsi, 4 heures sont nécessaires pour tamiser la litière récoltée sur un quadrat de 1/4 de m². À ce

temps de tamisage, il faut ajouter le temps nécessaire pour trier chaque refus de tamis. La méthode des quadrats pose donc des problèmes de temps de tri pour des études à grande échelle, nécessitant un nombre élevé de réplicats. Cela est particulièrement vrai lorsque la litière récoltée contient des espèces dont l'identification requiert des individus vivants.

D'autre part, un quadrat de 50 cm de côté peut éventuellement contenir plusieurs microhabitats. Dans ce sens, le mélange de la litière, lors de la récolte, masque l'hétérogénéité du milieu. De plus, un quadrat disposé sur une touffe de Laïche (*Carex*), par exemple, ne prendra pas en compte la même quantité de microhabitats qu'un quadrat disposé sur de la litière pure. Donc, les quadrats de 1/4 de m² ne sont pas adaptés pour mettre en évidence la variabilité du milieu à petite échelle. Les petits quadrats sont plus adaptés pour accéder à la description de cette hétérogénéité, mais demandent *a contrario* de nombreux réplicats pour décrire le milieu dans son ensemble.

Il est difficile de définir le nombre minimal de quadrats nécessaires pour optimiser le rapport coût/précision, le coût étant essentiellement lié au temps de tri, la précision pouvant être exprimée de différentes manières (précision sur les densités d'espèces, précision sur la richesse spécifique obtenue, précision sur la répartition à différentes échelles des dites espèces, etc.).

Comme dans les autres groupes faunistiques (par exemple insectes, oiseaux, mammifères, etc.), les macro-espèces de mollusques (diamètre supérieur à 5 mm) ne réagissent pas aux mêmes variables écologiques que les petites. Les échelles d'approches ne seront donc pas les mêmes pour les macro- et les micro-espèces. Ainsi, l'Escargot de Bourgogne (*Helix pomatia* Linnaeus, 1758) et la livrée variable (*Cepaea nemoralis* (Linnaeus, 1758)) sont capables de se déplacer sur plusieurs dizaines de mètres au cours de la journée, alors que les espèces de l'ordre du mm (par exemple *Carychium tridentatum* (Risso, 1826)) ont des surfaces de vie nettement inférieures au m². En conséquence, une solution est de combiner au moins deux tailles de quadrats : des grands carrés au sein desquels sont recherchés de manière exhaustive les mollusques de grandes tailles, des petits carrés au sein desquels est faite l'estimation de la densité ou la richesse des mollusques de petites tailles (ces petits carrés peuvent être une subdivision des grands carrés). Selon Peake (1978), en l'absence de connaissances approfondies sur l'écologie des différentes espèces de mollusques terrestres, il est illusoire de proposer une surface standard, que ce soit pour les grandes espèces ou les petites espèces, d'autant plus que l'échantillonnage est également contraint par la structure du paysage (milieu assez homogène ou, au contraire, milieu hétérogène à différentes échelles, etc.).

On notera aussi que la récolte des mollusques en milieux rocheux est difficile à réaliser : (i) il est difficile d'y définir clairement des unités d'échantillonnage carrées, (ii) le comportement cryptique et l'activité nocturne des limaces ou d'autres espèces rupestres, liées aux conditions météorologiques, ne permettent pas forcément d'observer les animaux, (iii) il ne peut y avoir de récolte de "litière".

La recherche à "vue", sans définition d'unités d'observations, est largement utilisée. Sa faiblesse réside dans la difficulté de comparaison des résultats obtenus par des observateurs différents ou dans différents types de milieux. Ainsi, il est plus facile de prospecter à "vue" une pelouse sèche qu'un massif de ronce. Il n'est donc pas raisonnable de standardiser l'effort d'observation en termes de temps d'observation. Il faut également plus de temps pour inventorier les espèces d'un milieu très hétérogène que celles d'un milieu assez homogène. L'un des problèmes majeurs est que les malacologues (comme les spécialistes d'autres groupes) sont "attirés" par des éléments du milieu qui leur semblent *a priori* les plus favorables, ce qui introduit un biais systématique qui est, de plus, dépendant des centres d'intérêt du prospecteur.

Cette recherche à "vue" ne doit donc pas être considérée comme une méthode d'échantillonnage, au sens statistique, mais comme une tentative de recensement, au sens statistique du terme, à savoir l'observation de l'ensemble complet et non, comme l'échantillonnage, d'une partie représentative de cet ensemble. Les résultats de différentes prospections à "vue" ne sont donc comparables que si ces prospections tendent chacune vers le recensement et une interprétation statistique ne se justifie alors plus. Ces comparaisons ne sont valables que pour la richesse spécifique. Aucune quantification ne peut être fournie, hormis une indication de "degré d'abondance", dont la définition reste très dépendante du malacologue, de son expérience générale, de la météorologie, etc.

Les prélèvements par volume défini de litière posent des problèmes similaires à ceux exposés par les prélèvements par quadrat. Une difficulté s'ajoute : celle de l'épaisseur variable de la litière d'un endroit à un autre.

Les pièges de Barber sont très peu utilisés pour l'étude des mollusques continentaux (par exemple Hornung 1991). Bishop (1977a) et Seddon & Graham (1996) déconseillent même cette méthode arguant du biais introduit par le fait qu'elle ne permet de récolter que les espèces fortement mobiles. Cette remarque se justifierait si l'on qualifiait les pièges de Barber de "technique d'échantillonnage", mais les entomologistes (par exemple Southwood & Henderson 2000) ne la considèrent que comme une méthode de piégeage (c'est l'insecte qui se déplace), donc d'échantillonnage de l'activité et non de la densité. Nous avons testé la méthode en milieu ouvert, dans des prairies sur des sols en cours de remédiation. Elle s'est avérée efficace pour caractériser l'activité des limaces (Cucherat et Demuyne, inédit).

De la même manière, Bishop (1977a) considère que l'utilisation d'un fauchoir présente les défauts des pièges de Barber : le fauchoir ne récolte que les espèces qui escaladent les tiges des végétaux. Ce parallèle entre fauchoir et pièges de Barber n'est pas justifié. En effet, le fauchoir n'est pas une méthode attractive mais une méthode de récolte "absolue" : ici, c'est le fauchoir qui se déplace et capture les animaux situés dans le volume balayé. Il s'agit donc bien d'une méthode d'échantillonnage, même si on peut lui reprocher : (i) de n'échantillonner que la partie aérienne des végétaux, (ii) d'être difficilement "standardisable" (force à appliquer, largeur à balayer, efficacité variant en fonction des types de végétaux balayés, etc.). Le fauchoir n'est finalement utilisable que pour compléter une chasse à "vue" ayant pour objectif un recensement des différentes espèces, sans objectifs de quantification.

Les pièges à limaces sont très efficaces pour récolter les gastéropodes. Cette efficacité réside surtout dans le fait qu'il est possible de mettre en place un grand nombre de pièges, facilement contrôlables, en un temps limité (Suominen *et al.* 2002). Toutefois, les méthodes et, en particulier, celle des plaques d'Isorel, restent assez critiquées (McCoy 1999). Elles sont adaptées aux macro-espèces qui se déplacent activement à la surface de la litière, mais pas pour les petites espèces et celles

qui vivent profondément dans la litière ou qui escaladent la végétation (Hawkins *et al.* 1998). Hommay & Briard (1988) remarquent que les pièges témoignent plus de l'activité des animaux que de leur densité (la même remarque a été faite précédemment pour les pièges de Barber). McCoy (1999) estime, de son côté, que les plaques d'Isorel ne sont pas appropriées pour estimer l'abondance des espèces ou la composition détaillée des communautés. Ainsi que nous l'avons fait remarquer pour la critique de Bishop (1977a) vis-à-vis des pièges de Barber, le piège à limaces n'a jamais eu la prétention d'estimer des abondances absolues et la remarque de Hommay & Briard (1988) ne se justifie pas. En revanche, ces pièges à limaces permettent bien de faire des comparaisons d'activité de limaces, ce qui, à conditions météorologiques identiques, permet de hiérarchiser les densités d'une même espèce d'un milieu à l'autre.

Enfin Hommay & Briard (1988) indiquent que la quantité de limaces piégées dépend non seulement de la nature du piège et de sa durée d'exposition, mais aussi de sa taille, sans qu'une relation entre la surface du piège et la quantité de limaces récoltées puisse être révélée. On peut se demander comment Hommay & Briard (1988) caractérisent la taille d'un piège ! S'agit-il de son aire ? De son périmètre ? En effet, la probabilité de rencontrer une limace avec un piège n'est pas proportionnelle à sa seule aire, mais avec d'autres facteurs (météorologie, période de l'année, etc.).

Concernant les mollusques aquatiques, selon Falkner *et al.* (2001) la plongée est la méthode de récolte la plus adaptée pour prélever les mollusques sur une surface définie (récolte par succion). Mais cette méthode est assez coûteuse financièrement et est peu accessible à tous. À défaut, la méthode de prélèvement à l'aide d'un trouleau ou d'une épuisette semble être la plus adéquate. Cette dernière méthode est particulièrement utile dans les hydrosystèmes peu profonds. En revanche, elle n'est pas utilisable dans les systèmes plus profonds (lacs et fleuves). Bien que perturbatrice (Seddon & Graham 1996), l'utilisation d'une benne, pour les fleuves, rivières, canaux et lacs reste la seule méthode possible.

Conclusion

Cette synthèse s'est voulue exhaustive en essayant de balayer l'ensemble des stratégies d'échantillonnage utilisées dans les études sur l'écologie et la répartition des mollusques continentaux. Il en ressort qu'aucune méthode de récolte ne peut être privilégiée, quelle que soit la situation. En revanche concernant l'échantillonnage, un plan d'échantillonnage stratifié nous semble le plus adéquat. Le découpage en strates de même nature d'une région, d'un paysage ou d'un site, semble être l'approche qui correspond le mieux à la réalité écologique.

Cependant, il n'existe pas de stratégies d'échantillonnage (plan d'échantillonnage et méthodes de récolte) applicables à toutes les situations. Celles-ci doivent être adaptées au cas par cas, selon la problématique soulevée par le maître d'ouvrage. Par ailleurs, ces stratégies doivent répondre à des soucis d'efficacité et surtout d'économie de temps et de moyen.

Il serait tentant, pour chaque question posée (écologie, répartition, etc.), d'effectuer une normalisation des différentes méthodes de prélèvements. Toutefois, compte tenu du fait que chaque cas d'étude est unique, nous ne pensons pas qu'une telle approche normalisée soit souhaitable, ni réalisable. En revanche, il semble que des comparaisons, à différentes échelles de temps et d'espaces, à partir de résultats issus d'approches différentes, soient satisfaisantes sous les conditions d'une définition claire de la méthodologie utilisée et d'une évaluation rigoureuse des limites des méthodes employées.

Remerciements — Nous tenons à remercier M. Alain Leprêtre, du Laboratoire d'Écologie numérique et Écotoxicologie, de l'Université des Sciences et Technologies de Lille (EA3570-FR1818), pour les réflexions intéressantes qui nous ont amenées à rédiger cette synthèse. Nous le remercions également pour la relecture et les remarques constructives qu'il a pu nous faire.

Références

- André, J. 1981. Etude des peuplements malacologiques d'une succession végétale post-culturale. *Haliotis*, 11: 15-27.
- André, J. 1982. Les peuplements de mollusques terrestres des formations végétales à *Quercus pubescens* Willd. du Montpelliérais. Premiers résultats. *Malacologia*, 22 (1/2): 483-488.
- Antoine, C. 2002. Déterminisme des assemblages de gastéropodes aquatiques en zones alluviales (rive sud du Lac de Neuchâtel -CH et basse plaine de l'Ain-F). Faculté des sciences de l'Université de Genève. 173 pp. Genève.
- Araujo, R. & Ramos, M. A. 2000. Status and conservation of the giant European freshwater pearl mussel (*Margaritifera auricularia*) (Spengler, 1793) (Bivalvia: Unionoidea). *Biological Conservation*, 96: 233-239.
- Araujo, R. & Ramos, M. A. 2001. Action plans for *Margaritifera auricularia* and *Margaritifera margaritifera* in Europe. Nature and Environment, Strasbourg. (Council of Europe Publishing): 64 pages.
- Bába, K. 1992. The influence of sylviculture on the structure of snail assemblages. In: Gittenberger, E. & Goug, J., Proceeding of the 9th International Malacological Congress. Edinburgh, 1986. 27-34. Leiden.
- Bába, K. 1997. Changes in terrestrial snail assemblages in the organogenic successional sere in response to anthropogenic influences. *Heldia*, 4 (5): 125-129.
- Bába, K. 2002. Distribution of gastropod character species in some vegetation succession lines of the Great Hungarian Plain. *Malacological Newsletter*, 20: 75-81.
- Bába, K. & Podani, J. 1992. A multivariate analysis of snail distributions in the Bükk mountains, Hungary. In: Gittenberger, E. & Goug, J., Proceeding of the 9th International Malacological Congress. Edinburgh, 1986. 35-40. Leiden.
- Baker, R. E. 1969. Population changes shown by *Cochlicopa lubrica* (Müller) in a grass sward habitat. *Journal of Conchology*, 27 (2): 101-104.
- Balaku, B., Josens, & Loreau, M. 1989. Étude préliminaire de la densité et de la répartition des mollusques dans deux cours d'eau du Zaïre oriental. *Revue de Zoologie africaine*, 103: 291-302.

- Barker, G. M. & Mayhill, P. C. 1999. Patterns of diversity and habitat relationships in terrestrial mollusc communities of the Pukeamuru Ecological District, northeastern New Zealand. *Journal of Biogeography*, 26: 215-238.
- Bishop, M. J. 1977a. Approaches to the quantitative description of terrestrial mollusc populations and habitats. *Malacologia*, 16 (1): 61-66.
- Bishop, M. J. 1977b. The habitats of mollusca in the central Highland of Scotland. *Journal of Conchology*, 29 (4): 189-197.
- Bishop, M. J. 1980. The mollusca of acid woodland in the Italian province of Novara. *Journal of Conchology*, 30 (3): 181-188.
- Bishop, M. J. 1981. Quantitative studies on some living British wetland mollusc faunas. *Biological Journal of the Linnean Society*, 15: 299-326.
- Blanc, A. & Gérard, C. 2001. Etude préliminaire de la malacofaune de deux hydrosystèmes interconnectés dans une zone humide. *Annales de Limnologie*, 37 (4): 277-280.
- Bonham, K. J., Mesibov, R. & Bashford, R. 2002. Diversity and abundance of some ground-dwelling invertebrates in plantation vs native forest in Tasmania, Australia. *Forest Ecology and Management*, 158: 237-247.
- Boschi, C. & Baur, B. 2007a. The effect of horse, cattle and sheep grazing on the diversity and abundance of land snails in nutrient-poor calcareous grasslands. *Basic and Applied Ecology*, 8 (1): 55-65.
- Boschi, C. & Baur, B. 2007b. Effects of management intensity on land snails in Swiss nutrient-poor pastures. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 120 (2-4): 243-249.
- Brönmark, C. 1985. Freshwater snail diversity: effects of pond area, habitat heterogeneity and isolation. *Oecologia*, 67: 127-131.
- Brown, K. M. 1997. Temporal and spatial patterns of abundance in the gastropods assemblage of a macrophyte bed. *American Malacological Bulletin*, 14: 27-33.
- Cameron, R. A. D., Down, K. & Pannett, D. J. 1980. Historical and environmental influences on hedgerow snail faunas. *Biological Journal of the Linnean Society*, 13 (1): 75-87.
- Cameron, R. A. D. & Pokryszko, B. M. 2004. Land mollusc faunas of Białowieża forest (Poland), and the character and survival of forest faunas in the North European plain. *Journal of Molluscan Studies*, 70: 149-164.
- Carlsson, R. 2001. Specie-area relationships, water chemistry and species turnover of freshwater snails on the Åland islands, southwestern Finland. *Journal of Molluscan Studies*, 67: 17-26.
- Coney, C. C., Tarpley, W. A., Warden, J. C. & Nagel, J. W. 1982. Ecological studies of land snails in the Hiwassee river basin of Tennessee, U. S. A. *Malacological Review*, 15 (1/2): 69-106.
- Costil, K. & Clement, B. 1996. Relationship between freshwater gastropods and plants communities reflecting various trophic levels. *Hydrobiologia*, 321: 7-16.
- Darby, P. C., Bennetts, R. E., Miller, S. J. & Percival, H. F. 2002. Movements of Florida apple snails in relation to water levels and drying events. *Wetlands*, 22 (3): 489-498.
- Davies, P. & Grimes, C. J. 1999. Small-scale spatial variation of pasture molluscan faunas within a relic watermeadow system at Wyllye, Wiltshire, U. K. *Journal of Biogeography*, 26 (5): 1057-1063.
- Deli, T. 2002. Data on the land snail fauna of the Aggtelek National Park. *Malacological Newsletter*, 20: 47-57.
- Deli, T., Tukarc, V. & Solimos, P. 2002. Malacofaunistic investigation of the Esztramos Hill (NE Hungary). *Malacological Newsletter*, 20: 143-152.
- Devriese, H. 1989. Synecologie van de mollusken van moerassen en maerbossen in België: probleem en voorlopige resultaten, Bruxelles.
- Dillon, R. T. 1980. Multivariate analysis of desert snail distribution in a Arizona Canyon. *Malacologia*, 19 (2): 201-207.
- Dussart, G., Meier-Brook, C. & Flood, K. 1995. Spatial autocorrelation of diversity in freshwater molluscan communities. In: Van Bruggen, A.C., Wells, S.M. & Kemperman, T.C.M., Biodiversity and conservation of the Mollusca. 211-216. Oegstgeest-Leiden. (Backhuys Publishers).
- Dyduch-Falniowska, A. & Tobis, H. 1989. Spatial structure of a gastropod community in the litter of a beech forest of Dentario-Glandulosae fagetum in the Tatra Mountains. *Folia Malacologica*, 1216 (3): 53-72.
- Eleutheriadis, N. & Lazaridou-Dimitriadou, M. 1995. Density and growth of freshwater prosobranch snails (*Bithynia graeca* and *Viviparus contectus*) in relation to water chemistry in Serres, Northern Greece. *Journal of Molluscan Studies*, 61: 347-352.
- Emberton, K. C., Pearce, T. A. & Randalana, R. 1999. Molluscan diversity in the unconserved Vohimana and the conserved Anosy mountains chains, southeast Madagascar. *Biological Conservation*, 89: 183-188.
- Falkner, G., Obrdlík, P., Castella, E. & Speight, M. D. C. 2001. Shelled Gastropoda of Western Europe. München. (Friedrich Held Gesellschaft): 267 pages.
- 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.
- Foekkler, F. 1991. Classifying and evaluating alluvial floodplain waters of the Danube by water mollusc association. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 24: 1881-1887.
- Foekkler, F., Diepolder, U. & Deichner, O. 1991. Water mollusc communities and bioindication of lower Salzach floodplain waters. *Regulated Rivers: Research & Management*, 6: 301-312.
- Frank, T. 1998. Slug damage and numbers of the slug pests, *Arion lusitanicus* and *Deroceras reticulatum*, in oilseed rape grown wildflower strips. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 67: 67-78.
- Gosteli, M. 1996. Diversities of snail faunas and ecological relationships between snail communities and vegetation in dry habitats of the northern Swiss Jura. *Malakologische Abhandlungen Staatliches Museum für Tierkunde Dresden*, 18 (10): 105-123.
- Grimm, B. & Paill, W. 2001. Spatial distribution and home-range of the pest slug *Arion lusitanicus* (Mollusca : Pulmonata). *Acta Oecologica*, 22: 219-227.
- Harman, W. N. 1972. Benthic substrates: their effects on freshwater mollusca. *Ecology*, 53: 271-277.
- Hawkins, J. W., Lankester, M. W. & Nelson, R. R. A. 1998. Sampling terrestrial gastropods using cardboard sheets. *Malacologia*, 39: 1-9.
- Hermida, J., Ondina, P. & Outeiro, A. 1995. Influence of soil characteristics on the distribution of terrestrial gastropods on northwest Spain. *European Journal of Soil Biology*, 31 (1): 0-000.
- Holyoak, G. A. 2003. Habitats of *Vertigo moulinsiana* (Gastropoda: Vertiginidae) in Cornwall. *Journal of Conchology*, 38 (1): 79-86.
- Hommay, G. & Briard, P. 1988. Apport du piégeage dans le suivi des peuplements de limaces en grande culture. *Halictis*, 18: 55-74.

- Hornung, E. 1991. Habitat segregation of land snail on sodic soil. In: Meier-Brook, C., Proceeding of the tenth International Malacological Congress. 451-454. Tübingen.
- Horsák, M. 2005. Mollusc community patterns and species response curves along a mineral richness gradient: a case study in fens. *Journal of Biogeography*, 33: 98-107.
- Horsák, M. & Hájek, M. 2003. Composition and species richness of molluscan communities in relation to vegetation and water chemistry in the western carpathian spring fens: the poor-rich gradient. *Journal of Molluscan Studies*, 69: 349-357.
- Jankowiak, D., Błoszyk, J. & Jackiewicz, M. 1991. Variation in malacofauna associations in relation to the type of plant community and habitat humidity in the natural reserve Debiniec near Poznan (Poland). *Malakologische Abhandlungen Staatliches Museum für Tierkunde Dresden*, 20: 173-181.
- Jokinen, E. H. 1987. Structure of freshwater snail communities: species-area relationships and incidence categories. *American Malacological Bulletin*, 5 (1): 9-21.
- Kalisz, P. J. & Powell, J. E. 2003. Effect of calcareous road dust on land snails (Gastropoda: Pulmonata) and milipedes (Diplopoda) in acid forest soils of the Daniel Boone National Forest of Kentucky, USA. *Forest Ecology and Management*, 186: 177-183.
- Killeen, I. J. 1998. An assessment of the mollusc faunas of grazing marsh ditches using numerical indices, and their application for monitoring and conservation. *Journal of Conchology*, Special publication, 2: 101-112.
- Killeen, I. J. 1998. An assessment of the mollusc faunas of grazing marsh ditches using numerical indices, and their application for monitoring and conservation. *Journal of Conchology*, Journal of Conchology, Special publication: 101-112.
- Killeen, I. J. & Moorkens, E. A. 2003. Monitoring Desmoulin's Whorl Snail, *Vertigo moulinsiana*. English Nature. 33 pp. Peterborough.
- Kiss, L. & Magnin, F. 2002. The impact of fire on land snail communities in the French mediterranean region: preliminary results. In: Traubaud, L. & Prodon, R., Fire and Biological Processes. 197-213. Leiden. (Backhuys Publishers).
- Kiss, L. & Magnin, F. 2003. The impact of fire on some mediterranean land snail communities and patterns of post-fire recolonization. *Journal of Molluscan Studies*, 69: 43-53.
- Kiss, L., Magnin, F. & Torre, F. 2004. The role of landscape history and persistent biogeographical patterns in shaping the responses of Mediterranean land snail communities to recent fire disturbances. *Journal of Biogeography*, 31: 145-157.
- Labaune, C. & Magnin, F. 2002. Pastoral management vs. land abandonment in Mediterranean uplands : impact on land snail communities. *Global Ecology and Biogeography*, 11: 237-245.
- Labaune, L. & Magnin, F. 2001. Land snail communities in mediterranean upland grassland: the relative importance of four sets of environmental and spatial variables. *Journal of Molluscan Studies*, 67: 463-474.
- Legendre, P., Planas, D. & Auclair, M. J. 1984. Succession des communautés de gastéropodes dans deux milieux différant par leur degré d'eutrophisation. *Journal Canadien de Zoologie*, 62 (11): 2317-2327.
- Lewis, D. B. & Magnuson, J. J. 2000. Landscape spatial patterns in freshwater snail assemblages across Northern Highland Catchments. *Freshwater Biology*, 43: 409-420.
- Lodge, D. M. 1985. Macrophyte-gastropods associations: observations and experiments on macrophytes choice by gastropods. *Freshwater Biology*, 15: 695-708.
- Lodge, D. M. 1986. Selective grazing on periphyton: a determinant of freshwater gastropod microdistributions. *Freshwater Biology*, 16: 831-841.
- Macan, T. T. 1950. Ecology of freshwater Mollusca in the English Lakes District. *Journal of Animal Ecology*, 19: 124-146.
- Magnin, F. & Taton, T. 1995. Secondary successions on abandoned cultivation terraces in calcareous Provence. II- The gastropod communities. *Acta Oecologica*, 16 (1): 89-101.
- Magnin, F., Taton, T., Roche, P. & Baudry, J. 1995. Gastropod communities, vegetation dynamics and landscape changes along an old-field succession in Provence, France. *Landscape and Urban Planning*, 31: 249-257.
- Mariani, M. & Ravera, O. 1977. Quantitative and qualitative differences among mollusc populations of two bassins (Agno and Lugano) of lake Lugano, Northern Italy. *Malacologia*, 16 (1): 155-156.
- Martin, K. & Sommer, M. 2004a. Effect of soil properties and land management on the structure of grassland snail assemblages in SW Germany. *Pedobiologia*, 48: 193-203.
- Martin, K. & Sommer, M. 2004b. Relationships between land snail assemblage patterns and soil properties in temperate-humid forest ecosystems. *Journal of Biogeography*, 31: 531-545.
- Mason, C. F. 1970. Snail populations, beech litter production, and the role of snail in litter decomposition. *Oecologia*, 5: 215-239.
- McCoy, K. D. 1999. Sampling terrestrial gastropods communities : using estimates of species richness and diversity to compare two methods. *Malacologia*, 41: 271-281.
- Michalik-Kucharz, A., Strzelec, M. & Serafinski, W. 2000. Malacofauna of rivers in Upper Silesia (Southern Poland). *Malakologische Abhandlungen Staatliches Museum für Tierkunde Dresden*, 20 (12): 101-109.
- Millar, A. J. & Waite, S. 1999. Molluscs in coppice woodland. *Journal of Conchology*, 36 (5): 23-48.
- Moens, R. 1982. Note au sujet de la distribution de *Zonitoides nitidus* Müller dans une prairie hygromorphe non fauchée. *Bulletin d'Ecologie*, 13 (3): 265-272.
- Mouthon, J. 1981. Typologie des eaux courantes: organisation biotypologique et groupement socio-écologique. *Annales de Limnologie*, 17 (2): 143-162.
- Mouthon, J. 1987a. Contribution à la connaissance des Mollusques du lac Léman. Intérêt de l'étude des malacocénoses pour apprécier la qualité biologique des sédiments de ce plan d'eau. *Revue Suisse de Zoologie*, 94 (4): 729-740.
- Mouthon, J. 1987b. Principes généraux pour une méthode d'appréciation de la qualité globale des sédiments lacustres à l'aide d'une analyse simplifiée des malacocénoses. *Annales de Limnologie*, 22: 209-217.
- Mouthon, J. 1989. Analyse de la distribution des malacocénoses de 23 lacs français. *Annales de limnologie*, 25: 205-213.
- Mouthon, J. 1990. Importance des conditions climatiques dans la différenciation des peuplements malacologiques des lacs européens. *Archiv für Hydrobiologie*, 118: 353-370.
- Mouthon, J. 1992a. Peuplements malacologiques lacustres en relation avec la physico-chimie de l'eau et des sédiments. II. Les espèces. *Annales de Limnologie*, 28 (2): 109-119.
- Mouthon, J. 1992b. Snails and bivalves populations analysed in relation to physical-chemical quality of lakes in Eastern France I. General criteria for population analyses. *Hydrobiologia*, 245: 147-156.

- Mouthon, J. 1993. Un indice biologique lacustre basé sur l'examen des peuplements de mollusques. *Bulletin Français de la Pêche et de Pisciculture*, 331: 397-406.
- Mouthon, J. 1995. Fréquences et densités des espèces de mollusques dans les cours d'eau français. *Vertigo*, 4 (1994): 19-28.
- Mouthon, J. 1996a. Molluscs and biodegradable pollution in rivers: proposal for a scale of sensitivity of species. *Hydrobiologia*, 317: 221-229.
- Mouthon, J. 1996b. Molluscs and biodegradable pollution in rivers: studies into the limiting values of 11 physico-chemical variables. *Hydrobiologia*, 319: 57-63.
- Mouthon, J. 1997. Les mollusques dulcicole du Bassin de la Loire ; premier inventaire et caractéristiques des peuplements du fleuve. *Vertigo*, 5 (1995): 3-12.
- Mouthon, J. 1999. Longitudinal organisation of the mollusc species in a theoretical French river. *Hydrobiologia*, 390: 117-128.
- Mouthon, J. 2001. Mollusques dulcicoles et pollution biodégradable des cours d'eau : échelle de sensibilité des espèces, genres et familles. *Ingénieries*, 26: 3-15.
- Neseman, H. & Nagel, K. O. 1989. Die Flussmuscheln (Bivalvia: Unionacea) im Einzugsgebiet der Loire (Zentralfrankreich) - eine erste Bestandsaufnahme. *Mitteilungen der Deutschen Malakozoologischen Gesellschaft*, 44/45: 1-15.
- Nyilas, I. F. & Sümeği, P. 1991. The mollusc fauna of an original marshland at Batorliget (Hungary). In: Meier-Brook, C., Proceeding of the tenth International Malacological Congress. 455-459. Tübingen.
- Ojea, M., Rallo, A. & Iturrondobeitia, J. C. 1987. Estudio de comunidades de gasteropodos en varios ecosistemas del País Vasco. *Kobie: serie Ciencias Naturales*, 16: 223-244.
- Ondina, P., Hermida, J., Outeiro, A. & Mato, S. 2004. Relationships between terrestrial gastropod distribution and soil properties in Galicia (NW Spain). *Applied Soil Ecology*, 26: 1-9.
- Outeiro, A., Agüero, D. & Parejo, C. 1993. Use of ecological profiles and canonical correspondance analysis in a study of the relationship of terrestrial gastropods and environmental factors. *Journal of Conchology*, 34 (6): 365-375.
- Outeiro, A., Ondina, P., Rodriguez, T. & Castillejo, J. 1989. Estudio autoecológico de *Punctum (P.) pygmaeum* (Draparnaud, 1801) en la sierra de O Courel (Lugo, España). *Revista d'Ecologia et de Biologia du Sol*, 24 (4): 515-525.
- Paul, C. R. C. 1975. The ecology of mollusc in ancient woodland. I The fauna of Haley Wood, Cambridgeshire. *Journal of Conchology*, 28 (5): 301-327.
- Paul, C. R. C. 1978a. The ecology of mollusc in ancient woodland. 2 analysis of distribution and experiment in Haley Wood, Cambridgeshire. *Journal of Conchology*, 29 (5): 281-294.
- Paul, C. R. C. 1978b. The ecology of mollusc in ancient woodland. 3 Frequency of occurrence in West Cambridgeshire woods. *Journal of Conchology*, 29 (5): 295-300.
- Peake, J. 1978. Distribution and ecology of the Stylommatophora. In: Fretter, V. & Peake, J., Pulmonates, systematics, evolution and ecology. 429-534. London. (Academic Press).
- Pip, E. 1986. A study of pond colonization by freshwater molluscs. *Journal of Molluscan Studies*, 52: 214-224.
- Pokryszko, B. M. & Cameron, R. A. D. 2005. Geographical variation in the composition and richness of forest snail faunas in northern Europe. *Records of the Western Australian Museum*, 68: 115-132.
- Pokryszko, B. M., Cameron, R. A. D. & Long, D. C. 2006. Snail faunas in southern English calcareous woodlands: rich and uniform, but geographically differentiated. *Journal of Conchology*, 39 (1): 13-40.
- Prié, V., Philippe, L. & Cochet, G. 2007. Évaluation 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 : 176-183.
- Ruesink, J. L. 1995. Snail faunas on chalk grassland: site comparisons and implications for management. *Journal of Molluscan Studies*, 61 : 9-20.
- Savage, A. A. & Gazey, G. M. 1987. Relationships of physical and chemical conditions to species diversity and density of gastropods in English lakes. *Biological Conservation*, 42: 95-113.
- Scherer, B. 1983. Techniques de sondage en écologie. In: Frontier, S., Stratégies d'échantillonnage en écologie. Collection d'Ecologie, 17: 63-162. Paris et Laval-Quebec. (Masson et les Presses de l'Université de Laval-Quebec).
- Seddon, M. B. & Graham, P. O. 1996. Land and Freshwater Molluscs and Crustaceans. In: Hall, G.S., Methods for the Examination of Organismal Diversity in Soils and Sediments. 241-248. Cambridge. (University Press).
- Southwood, T. R. E. & Henderson, P. A. 2000. Ecological methods. Oxford. (Blackwell Science): 575 pages.
- Strayer, D. L., Hunter, D. C., Smith, L. C. & Borg, C. K. 1994. Distribution, abundance, and roles of freshwater clams (Bivalvia, Unionidae) in freshwater tidal Hudson River. *Freshwater Biology*, 31: 239-248.
- Suominen, O., Edenius, L., Ericsson, G. & Dios, V. R. 2002. Gastropod diversity in aspen stands in coastal northern Sweden. *Forest Ecology and Management*, 175 (1-3): 1-10.
- Štamol, V. 1991. Coenological study of snail (Mollusca: Gastropoda) in forest phytocoenoses of Medvednica mountain (NW Croatia, Yugoslavia). *Vegetatio*, 95: 33-54.
- Štamol, V. 1993. The influence of the ecological characteristics of phytocoenoses on the percentage proportion of zoogeographical elements in the malacocoenoses of land snails (Mollusca: Gastropoda terrestria). *Vegetatio*, 109: 71-80.
- Tattersfield, P. 1990. Terrestrial mollusc faunas from some South Pennine Woodlands. *Journal of Conchology*, 33 (6): 355-374.
- Tattersfield, P., Warui, C. M., Seddon, M. B. & Kiringe, J. W. 2001. Land-snail faunas of afro-montane forests of Mount Kenya, Kenya: ecology, diversity and distribution patterns. *Journal of Biogeography*, 28: 843-861.
- Vial, E. 2000. Récolte des Hydrobiidae souterrains et des sources: intérêt et méthodes. *Vertigo*, 7 (1997): 31-34.
- Waldén, H. W. 1981. Communities and diversity of land mollusc in Scandinavian woodlands. I. High diversity communities in taluses and boulder slopes in SW Sweden. *Journal of Conchology*, 30 (6): 351-372.
- Waldén, H. W. 1992a. Changes in a terrestrial mollusc fauna (Sweden: Göteborg region) over 50 years, by human impact and natural succession. In: Gittenberger, E. & Goug, J., Proceeding of the 9th International Malacological Congress. Edinburgh, 1986. 387-402. Leiden.
- Waldén, H. W. 1992b. Island biogeographical and ecological studies on the land mollusc fauna archipelagos on Swedish freshwater lakes. *Malakologische Abhandlungen Staatliches Museum für Tierkunde Dresden*, 16 (5): 31-45.

- Waldén, H. W., Gärdenfors, U. & Wäreborn, I. 1991. The impact of acid rain and heavy metals on the terrestrial mollusc fauna. In: Meier-Brook, C., Proceeding of the tenth International Malacological Congress. 425-435. Tübingen.
- Wardhaugh, A. A. 1995. The terrestrial molluscan fauna of some woodland in North East Yorkshire, England. *Journal of Conchology*, 35 (4): 313-327.
- Wardhaugh, A. A. 1997. The terrestrial molluscan fauna of some woodland in North East Yorkshire England: a framework for quality scoring and association with old woodland flora. *Journal of Conchology*, 36 (1): 19-30.
- Wäreborn, I. 1969. Land mollusc and their environments in a oligotrophic area in southern Sweden. *Oikos*, 20: 461-479.
- Watson, A. L. & Ormerod, S. J. 2004. The distribution of three uncommon freshwater gastropods in the drainage ditches of British grazing marshes. *Biological Conservation*, 118: 455-466.
- Watters, G. T., Menker, T. & O'Dee, S. H. 2005. A comparison of terrestrial snail faunas between strip-mined land and relatively undisturbed land in Ohio, USA - an evaluation of recovery potential and changing faunal assemblages. *Biological Conservation*, 126: 166-174.
- Young, M. S. & Evans, J. G. 1991. Modern land mollusc communities from Flat Holm, South Glamorgan. *Journal of Conchology*, 34 (2): 63-70.

Ben Romdhane, M. *et al.* 2008. Première mention de *Pomatias elegans* (O. F. Müller, 1774) (Gastropoda, Caenogastropoda, Pomatiidae) au Nord de la Tunisie. *MalaCo*, 5 : 254-255.
Publié sur www.journal-malaco.fr

Première mention de *Pomatias elegans* (O. F. Müller, 1774) (Gastropoda, Caenogastropoda, Pomatiidae) au Nord de la Tunisie
First mention of *Pomatias elegans* (O.F. Müller, 1774) (Gastropoda, Caenogastropoda, Pomatiidae) in Northern Tunisia

Monia BEN ROMDHANE, Chahrazed EL HEDFI, Mohamed BEN SALEM

Unité de recherche « Zoologie-Ecologie des milieux aquatiques »

Faculté des Sciences de Tunis – 2092, El Manar, Tunis

Correspondance : romdhanmonia@yahoo.fr

Soumis le 11/02/2008, accepté le 20/04/2008

Résumé — *Pomatias elegans* est un gastéropode terrestre operculé très commun en Europe méditerranéenne. Cependant sa présence en Afrique du Nord est peu documentée et se réduit à quelques références anciennes restant encore à vérifier. Nous signalons dans cet article la première mention de l'espèce en Tunisie. Par ailleurs, le présent travail apporte des données préliminaires sur la morphologie et l'écologie de *P. elegans* en marge de son aire de répartition principale.

Abstract — *Pomatias elegans* is a very common operculate land gastropod in Southern Europe. However, its occurrence in North Africa is poorly documented, limited to few old references that should be confirmed. This paper reports the first mention of the species in Tunisia. Furthermore, this work brings in preliminary data on *P. elegans*' morphology and ecology at the edge of its main distribution area.

Mots clés — *Pomatias elegans*, Tunisie, Afrique du Nord.

Key-words — *Pomatias elegans*, Tunisia, North Africa.

Les travaux malacologiques en Tunisie sont peu nombreux et souvent très anciens. En effet, à partir des années 1860, ils avaient pour seul objectif la description des malacofaunes continentales, accompagnée marginalement par quelques descriptions conchyliologiques et anatomiques (Bourguignat 1864, 1868, Issel 1880, Letourneux & Bourguignat 1887, Ktari & Rezig 1976). *Tudorella sulcata* (Draparnaud, 1805) était jusqu'à maintenant le seul Pomatiidae signalé de Tunisie (Bourguignat 1868, Ktari & Rezig 1989).

Récemment, à l'occasion d'échantillonnages au Nord-Est de la Tunisie, une population de Pomatiidae clairement distincte de *T. sulcata* a été découverte. Sur la base de critères conchyliologiques et anatomiques (Martinez-Orti *et al.* 2005), cette population est attribuable à *Pomatias elegans* (O.F.Müller, 1774), espèce seulement signalée en Afrique de la région de Constantine en Algérie (Bourguignat 1864) et à Tétouan au Maroc (Kobelt 1887 in Pallary 1898).

Cette nouvelle localité est située dans la région côtière de Raf-Raf (Figure 1A) à 60 kilomètres de Tunis et à 42 kilomètres de Bizerte (Latitude Nord 37°11' ; Longitude Est 10°11'). Ces individus de *P. elegans* sont présents en abondance sous les touffes d'herbe et la végétation basse, parfois dans les fentes des rochers et les grosses pierres ainsi que dans la litière sur sols calcaires (Figures 1B & C).

La coquille de *P. elegans* est ovoïde, légèrement conique et bombée, composée de 4 tours de spires convexes dont le dernier est plus grand et plus large. La surface de la coquille est typiquement réticulée avec des bandes discontinues de couleur beige à violet. L'ouverture holostome est obturée par un opercule calcifié à nucleus excentrique. La longueur totale mesurée pour 40 individus varie de 12,5 mm à 15,8 mm alors que le diamètre est compris entre 7 mm et 9,5 mm.

L'étude de la biologie et de l'anatomie de cette espèce est en cours de réalisation afin de la comparer avec celle de *Tudorella sulcata* provenant de la localité voisine de Ghar el Melh. Il serait intéressant de vérifier par des outils génétiques si cette population de *P. elegans* est la conséquence d'une colonisation récente ou il s'agit d'une population relictuelle plus ancienne, hypothèse peu soutenue par l'absence de toute archive fossile de cette espèce en Afrique (Pallary 1898).

Remerciements — Nous remercions ici, pour l'aide apportée à l'identification des spécimens, Dr. E. Véla de l'Université d'Aix-Marseille-3 et D. Pavon (Marseille).



Figure 1 — A. Région côtière de Raf-Raf, B. Exemple d'habitat à *Pomatias elegans*, C. Coquilles *in situ* de *P. elegans*.

Références

- Abbés, I. 2006. Biodiversité des gastéropodes terrestres en Tunisie septentrionale. Mémoire de Master, *Faculté des Sciences de Tunis*, 150 p.
- Bourguignat, J.R. 1864. Malacologie de l'Algérie ou histoire Naturelle des animaux Mollusques terrestres et fluviatiles recueillis jusqu'à ce jour dans nos possessions du Nord de l'Afrique. Challamel Aîné, Paris, 380 p.
- Bourguignat, J.R. 1868. Histoire malacologique de la régence de Tunis. Paris, 36 p.
- Issel, A. 1880. Molluschi terrestri d'acquadolce vivente fossili. *Ann. Mus. Cis. St. Nat. Geneva*, 15 : 239-282.
- Ktari, M.H. & Rezig, M. 1976. La faune malacologique de la Tunisie septentrionale. *Bull.sci.nat.tuinsie*, 11 : 31-74.
- Ktari, M.H. & Rezig, M. 1989. Remarques systématiques et écologiques sur un Mollusque Terrestre des environs de Ghar el Melh : *Pomatias sulcata* (Draparnaud, 1801), Gastéropode, Prosobranchie. *Revue de Faculté des Sciences de Tunis*, 4(D) : 103-109.
- Letourneux, A. & Bourguignat, J.R. 1887. Prodrôme de la Malacologie terrestre et fluviale de la Tunisie. Exploration Scientifique de la Tunisie, *Zoologie, Malacologie, Paris*, 166 p.
- Martinez-Orti, A. & Robles, F. 2005. Los Caenogasteropodos Terrestres (Mollusca, Orthogastropoda) de la Comunidad Valenciana (España). *Iberus* 23(2) : 7-24.
- Pallary, P. 1898. Les Cyclostomes du Nord-ouest de l'Afrique. *La Feuille des Jeunes Naturalistes*, IIIème série, 29^{ème} année, 338 : 17-21.

Gargominy, O. et al. 2008. *Pagodulina subdola* (Gredler, 1856) (Gastropoda, Stylommatophora, Orculidae) fait bien partie de la faune de France. *MalaCo*, 5 : 258-263.
Publié sur www.journal-malaco.fr

***Pagodulina subdola* (Gredler, 1856) (Gastropoda, Stylommatophora, Orculidae) fait bien partie de la faune de France**

Occurrence in France confirmed for *Pagodulina subdola* (Gredler, 1856) (Gastropoda, Stylommatophora, Orculidae)

Olivier GARGOMINY¹, Theo E.J. RIPKEN¹, Alexis MATAMORO-VIDAL¹, Daniel REBOUL²

¹ Muséum national d'Histoire naturelle, Département Systématique et Evolution
UMS 602 - Taxonomie et Collections [Malacologie] - Case postale n°51
55, rue Buffon - 75231 PARIS, cedex 05

² Office National des Forêts - 1, allée des Fontainiers - 04000 Digne

Correspondance : gargo@mnhn.fr

Soumis le 15/03/2008, accepté le 1/04/2008

Résumé — *Pagodulina subdola* a du être récoltée en France dès 1850 ; malgré tout, les nombreux manques ou confusions taxonomiques et/ou géographiques ont mené à considérer la répartition de cette espèce du flanc sud des Alpes centrales au Péloponnèse en passant par les Balkans. Nous présentons ici la population la plus occidentale située dans les Alpes-de-Haute-Provence et les Hautes-Alpes, dans les forêts de hêtres principalement orientées au nord au-dessus de 700 m d'altitude, et confirmons ainsi son appartenance à la faune de France.

Abstract — Although *Pagodulina subdola* may have been collected in France as soon as 1850, taxonomical and geographical confusions and lacks have led to consider it as a species distributed from the southern side of central Alps to the Peloponnese through the Balkans. Here we report the westernmost populations for that species and confirm its occurrence in France from the Southern Alps, in beech forests mainly facing north above 700 m elevation.

Mots clés — *Pagodulina subdola*, Alpes-de-Haute-Provence, Hautes-Alpes, France.

Key-words — *Pagodulina subdola*, Southern Alps, France.

Introduction

Le genre *Pagodulina* atteint en France la limite occidentale de son aire de répartition. Sa diversité est relativement pauvre comparée avec celle des pays des Alpes centrales et des Balkans. On ne connaît que deux espèces et trois sous-espèces : *P. pagodula pagodula* (Des Moulins, 1830), *P. p. principalis* Klemm, 1939 et *P. austeniana austeniana* (G. Nevill, 1880). Malgré tout, il semble que la situation en France, et dans les Alpes en particulier, soit particulièrement complexe et souffre à la fois d'un manque de révision taxonomique et d'un manque de prospection. Les mentions sont souvent entachées d'incertitudes taxonomiques ou géographiques : "présence douteuse" (Kerney & Cameron 1999: 101), "probablement", "demande (...) confirmation", "également citée, sans aucun doute par erreur" (Falkner *et al.* 2002 : 105-106). Le problème de la "race du sud de la France (Toulouse)" engagé par Klemm (1939) et discuté par Falkner (2000) illustre ces deux aspects de la méconnaissance. D'autre part, les taxons présentent de fortes disjonctions dans leur distribution, avec des populations relictives résultant probablement de répartitions interglaciaires plus vastes : populations alsaco-vosgiennes de *P. pagodula principalis*, sous-espèce par ailleurs restreinte à la partie orientale des Alpes du Nord jusqu'aux Alpes de Bavière à l'ouest (Zilch 1947 : 74, Falkner *et al.* 2002: 105) ; populations languedociennes de *P. austeniana austeniana* (Holyoak & Seddon 1985 : 67, Prié 2005) par ailleurs limitées aux Alpes méridionales (Var, Alpes-Maritimes, Ligurie) et atteignant Marseille à l'ouest.

Pagodulina subdola (Gredler, 1856), parfois trouvée en syntopie avec *P. austeniana* (Gittenberger 1978), est une espèce répartie sur la bordure sud des Alpes centrales, sur la chaîne des Balkans et dans le Péloponnèse. Sa présence en France n'a jamais été clairement établie ; nous attestons ici son occurrence sur la base de spécimens récoltés dans les Alpes-de-Haute-Provence et les Hautes-Alpes.

Matériel et méthodes

Le premier lot fut collecté en 1998 dans le Queyras, avec seulement trois individus dont deux en mauvais état, qui ont été signalés par Falkner *et al.* (2002 : 106: "Cette forme, à laquelle on peut probablement rattacher l'individu de Grenoble illustré par PILSBRY, mérite un examen plus approfondi et pourrait constituer une sous-espèce distincte [de *P. austeniana*]"). Deux tentatives ultérieures pour retrouver l'espèce sur cette station se sont révélées infructueuses. Du 5 au 11 août 2006, l'Office National des Forêts des Alpes-de-Haute-Provence et le Muséum national d'Histoire naturelle (MNHN)

ont entrepris un inventaire de la faune malacologique du site Natura 2000 FR9301545 Venterol - Piégut - Grand Vallon, qui a fourni un important matériel de l'espèce sur 11 localités (stations) différentes réparties sur moins de 45 km². Le 8 août 2007, une nouvelle localité était découverte à Guillestre, porte d'entrée du Queyras.

L'espèce peut être trouvée à l'œil nu en fouillant la litière du sol, ce qui exige malgré tout une attention particulière car sa couleur brune la rend peu distincte. De la litière a donc été systématiquement collectée afin d'obtenir des coquilles en abondance, après séchage et tamisage.

Les spécimens examinés de *Pagodulina austeniana* proviennent de récoltes faites par les deux premiers auteurs dans le cadre de l'inventaire du Parc national du Mercantour et de différents sites Natura 2000 de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur, ainsi que de matériel récolté par Vincent Prié pour les populations de l'Hérault. Les spécimens des autres espèces proviennent de la collection générale du MNHN.

Les méthodes d'investigation utilisées ici se limitent à la morphologie de la coquille, ce qui s'avère suffisant pour séparer les taxons de la faune de France. Des spécimens ont cependant été fixés en alcool afin de permettre une étude ultérieure de ces taxons sur la base d'analyses moléculaires, qui sont en dehors de la portée du présent article.

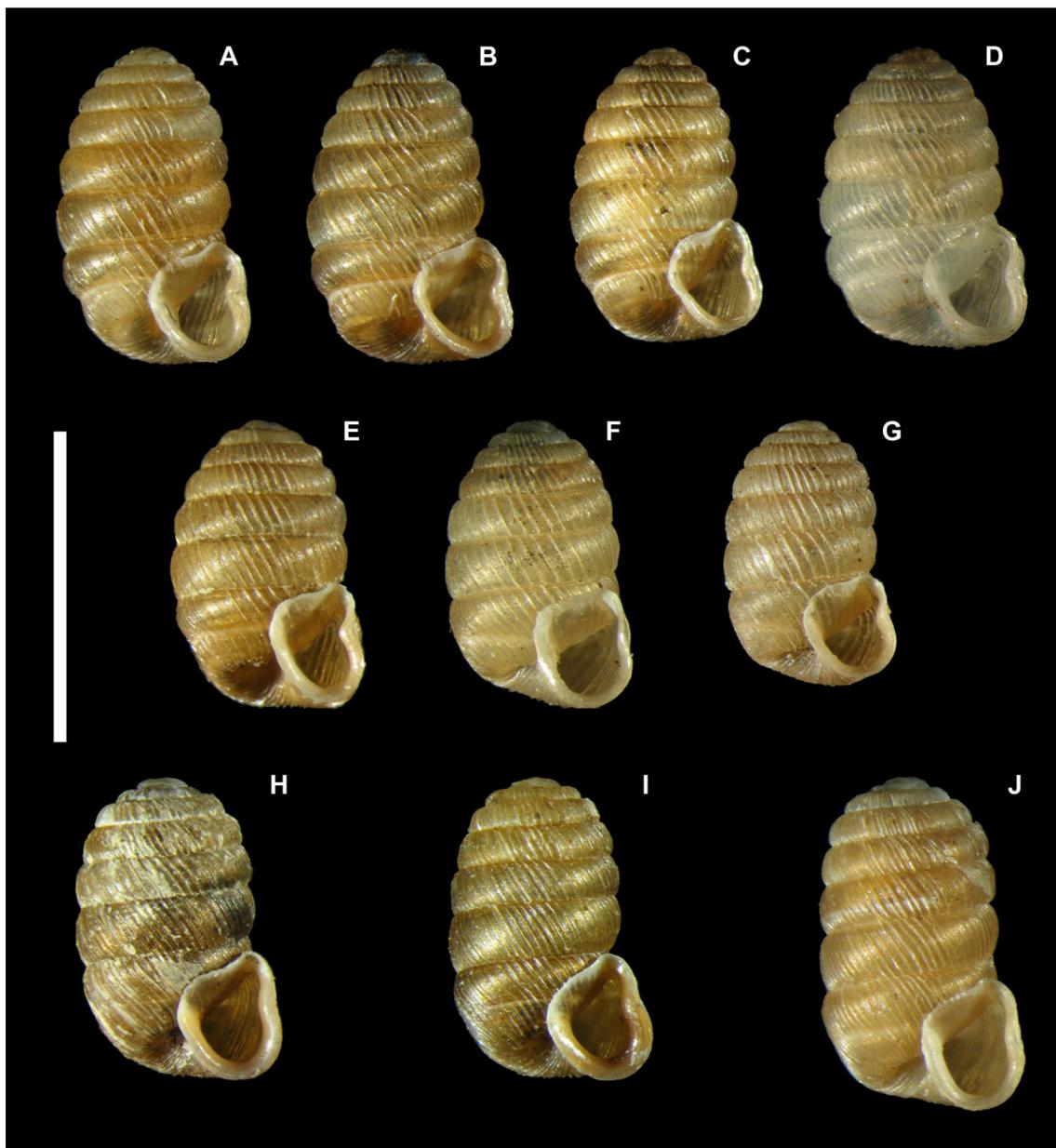


Figure 1 – *Pagodulina* spp. A-E : *P. austeniana* ; A : Gorges du Paillon, Blausasc, Alpes-Maritimes, h=5.15 mm ; B : Vallon de Caï (la Bassera), Sospel, Alpes-Maritimes, h=5.15 mm ; C : Gorges de la Cagne, Saint-Jeannet, Alpes-Maritimes, h=4.8 mm ; D : Ravin de Lucietta, Roure, Alpes-Maritimes, h=4.9 mm ; E : Les Bains, Montpeyroux, Hérault, h=4.7 mm ; F-G : *P. pagodula* ; F : *P. p. pagodula*, Dordogne, h=4.7 mm ; G : *P. p. principalis*, Berchtesgaden, Oberbayern, h=4.3 mm ; H-J : *P. subdola* ; H : Montbardon, Château-Ville-Vieille (Queyras), Hautes-Alpes, h=4.9 mm ; I : Forêt du Grand Vallon, Melve, Alpes-de-Haute-Provence, h=4.9 mm ; J : Monte Zebio, Sette Comuni, NE Italie, h=5.4 mm. Echelle : 5 mm. Tous les spécimens coll. MNHN excepté E, coll. V. Prié.

Résultats

Clade *Stylommatophora*
Sous-Clade *Orthurethra*
Superfamille *Pupilloidea* Turton, 1831
Famille *Orculidae* Pilsbry, 1918

Pagodulina subdola (Gredler, 1856)

Matériel – MNHN, 13 lots correspondant aux 13 localités suivantes :

Alpes-de-Haute-Provence

GV01 : VENTEROL, Le Grand Bois [44.43677°N- 6.105583°E], 05/08/2006, altitude 1170 m. Forêt de hêtres, souches mortes, Calcaire, exposition NE, rec. Gargominy & Matamoro, coll. MNHN.

GV05 : LE CAIRE, Roche Des Prises [44.37406°N- 6.070152°E], 06/08/2006, altitude 815 m. Falaises et pied de falaises, Calcaire, exposition SW, rec. Gargominy & Matamoro, coll. MNHN.

GV06 : FAUCON-DU-CAIRE, Bas de Le Fayenc [44.40698°N- 6.112417°E], 06/08/2006, altitude 1000 m. Forêt de hêtres, molasse rouge, pied de falaise, exposition N, rec. Gargominy & Matamoro, coll. MNHN.

GV09 : MELVE, Forêt Domaniale Du Grand Vallon [44.37532°N- 6.0107°E], 07/08/2006, altitude 1350 m. Haut de forêt de hêtres, mixte avec pins, exposition N, rec. Gargominy & Matamoro, coll. MNHN.

GV10 : MELVE, Ravin Des Fours [44.37377°N- 6.015383°E], 07/08/2006, altitude 1275 m. Forêt de hêtres, noisetiers, aubépines, Calcaire, rec. Gargominy & Matamoro, coll. MNHN.

GV11 : GIGORS, Sommet De Montsérieux [44.42978°N- 6.11995°E], 09/08/2006, altitude 1585 m. Garrigue couverte de petits églantiers, Calcaire, exposition SW, rec. Gargominy & Matamoro, coll. MNHN. [un seul spécimen, probablement artefact].

GV14 : GIGORS, Source Du Jas [44.41045°N- 6.13455°E], 09/08/2006, altitude 1300 m. Forêt de hêtre, érable, sorbier, rochers moussus, Calcaire, exposition N, rec. Gargominy & Matamoro, coll. MNHN.

GV15 : FAUCON-DU-CAIRE, Amont du Ravin De L'échelle [44.40103°N- 6.124667°E], 09/08/2006, altitude 1240 m. Forêt de hêtre, Calcaire, exposition N, rec. Gargominy & Matamoro, coll. MNHN.

GV16 : LE CAIRE, Entre le Clot De Parousse et la Ravin du Col de Blaux [44.39109°N- 6.053272°E], 10/08/2006, altitude 1005 m. Forêt de hêtre, Calcaire, exposition NE, rec. Gargominy & Matamoro, coll. MNHN.

GV17 : LE CAIRE, Aval de Le Forest Des Os [44.38033°N- 6.059667°E], 10/08/2006 23:03:50, altitude 875 m. Zone humide en bord de rivière, saules, Calcaire, rec. Gargominy & Matamoro, coll. MNHN.

GV19 : CLARET, Source De La Brunette (les Fleurans) [44.38894°N- 5.986753°E], 10/08/2006, altitude 725 m. Forêt mixte de hêtre et pin, aubépine, exposition N, rec. Gargominy & Matamoro, coll. MNHN.

Hautes-Alpes

QUEY98-06 : CHATEAU-VILLE-VIEILLE, Queyras, Montbardon, Croix au Nord du village [44.7272°N- 6.771618°E], 11/07/1998, altitude 1500 m. Rocher (exposition W) et prairie (exposition NW), Calcaire, exposition NNW, rec. Gargominy, coll. MNHN.

0531 : GUILLESTRE, Parking de la Maison du Roi [44.67516°N- 6.690633°E], 08/08/2007, altitude 1060 m. Ancienne hêtraie, avec alisiers, pins, érables, Calcaire, exposition N, rec. Gargominy & Matamoro, coll. MNHN.

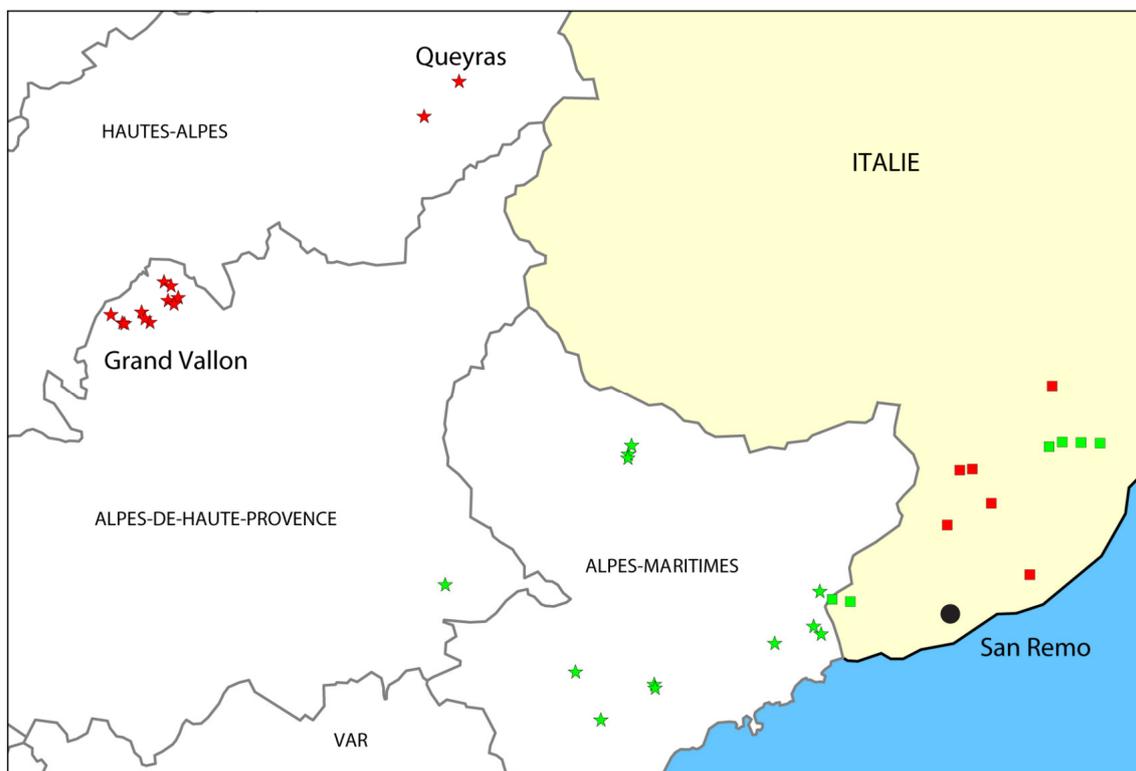


Figure 2 – *Pagodulina* dans le sud-est des Alpes. Rouge : *P. subdola*, vert : *P. austeniana austeniana* ; étoiles : données récentes (Gargominy et al.), carrés : localités indiquées par Boato et al. (1985 ; 2007). Cercle noir : localité-type de *Pagodulina subdola sanremoensis*.



Figure 3 – A : *Pagodulina subdola*, Faucon-du-Caire, Alpes-de-Haute-Provence ; B : Habitat de *P. subdola*, forêt de hêtres, "Le Grand Bois", Venterol, Alpes-de-Haute-Provence ; C : *P. austeniana austeniana*, Castellon, Alpes-Maritimes ; D : Habitat de *P. a. austeniana*, vallon humide à érables, aulnes, chênes, avec du lierre, Vallon de Caï (la Bassera), Sospel, Alpes-Maritimes.

Sur la base du matériel cité ci-dessus, *Pagodulina subdola* est morphologiquement bien individualisée des autres *Pagodulina* de la faune de France (Figure 1) par sa forme globale plus cylindrique, les quatre derniers tours étant d'égal diamètre, l'apex plus épaulé (moins en forme d'obus), les côtes radiales plus serrées. Le dernier tour est aplati latéralement, mais ce caractère est moins marqué que chez les deux autres espèces. Le péristome est beaucoup plus épais (sous-espèce *sanremoensis* Pilsbry, 1924 ; voir ci-dessous). La lamelle supra-palatale est longue et bien développée et l'infra-palatale petite et courte (comme sur les spécimens de *P. a. austeniana* du Mercantour). La lamelle collumelaire est fortement développée et forme un lobe arrondi.

La présence en France de *Pagodulina subdola* (Gredler, 1856) n'a jamais été attestée de façon définitive sur la base de spécimens dûment identifiés. Falkner (1990) la mentionne « von S-Frankreich über die S-Alpen » mais Falkner *et al.* (2002 : 106) réfutent par la suite la mention d'A. Bertrand « Sud-est de la France (présence douteuse) » et donnent à l'espèce une limite occidentale au Lac de Garde, omettant par là même les occurrences d'Italie occidentale (Alpes ligures) signalées par Boato *et al.* (1985) ou celles de Pilsbry (Figure 2).



Figure 4 – Préférences écologiques (pourcentage des stations où l'espèce est présente pour chaque classe) de *Pagodulina subdola* (vert) et *P. austeniana austeniana* (bleu) dans le sud des Alpes françaises sur la base de nos récoltes.

Pilsbry (1922-1926) a en effet décrit de San Remo (« On a hill above San Remo on the Italian Riviera », ANSP 22729 (voir Baker 1963 : 202)) une sous-espèce *Pagodulina subdola sanremoensis* Pilsbry, 1924 caractérisée par un péristome beaucoup plus épais que la sous-espèce nominale, à laquelle les spécimens du Queyras et du Grand Vallon se rattachent sans hésitation. Cette sous-espèce, placée dans la synonymie de *Pagodulina subdola austeniana* par Forcart (1950), semble avoir été complètement oubliée par la suite. En particulier, ni Fauna Italia (<http://faunaitalia.it>) ni Fauna Europaea (<http://www.faunaeur.org>) ne la mentionnent.

Malgré ce flou, il semble bien que *P. subdola* ait été récoltée en France dès 1850. En effet, sur la base de nos récoltes, la mention de « *Pupa pagodula* des Moul. » par Dupuy (1847-1852 (1851) : 413), « mois de septembre 1850, aux environs de Guillestre (Hautes-Alpes), à la rue des Masques », par ailleurs reprise par Moquin-Tandon (1855-1856 (1855) : 389) se rapporte très certainement à cette espèce.

P. subdola a été récoltée exclusivement en forêt de hêtres sur calcaire, entre 725 et 1585 m d'altitude (ces deux extrêmes sur le site du Grand Vallon), dans une litière humide. Occasionnellement, elle peut être récoltée au pied de falaises calcaires plus sèches (station GV05 ci-dessus) ; la présence de coquilles seules, qui peuvent provenir du ruissellement des forêts en amont, ne permet cependant pas d'établir que l'espèce vit dans ce type de milieu.

Discussion

La (re)découverte de ce taxon en France, pourtant si commun dans les forêts de hêtres du Grand Vallon et suffisamment "grande" pour être récoltée à vue (sans nécessité de tamisage de litière), est exemplaire sur plusieurs aspects. Elle montre qu'il reste certes des nouveautés à apporter à la faune malacologique de France, mais surtout qu'il existe des habitats sans doute sous-explorés et des espaces qui demeurent *terra incognita*. Les forêts de hêtres sont peu attractives aux malacologues et leur donnent peut-être une impression d'homogénéité et de faible diversité. De même, des sites tels que celui du Grand Vallon, sur la route des hautes montagnes et des zones touristiques, reçoivent une attention quasiment nulle et une pression d'échantillonnage relativement inexistante comparée aux sites illustres comme le Briançonnais.

La situation du genre *Pagodulina* sur la bordure sud des Alpes du sud est donc particulièrement complexe : entre les populations de *P. subdola* des Alpes-de-Haute-Provence et des Hautes-Alpes et celles des Alpes ligures s'intercalent en effet celles de *P. a. austeniana* des Alpes-Maritimes (Figure 2). Cette mosaïque se compliquerait encore si, comme le suggèrent Falkner *et al.* (2002 : 105-106), les populations de Savoie (voir Venmans 1959) et de Grenoble (Pilsbry 1922-1026 : pl. 20 fig. 6, sous le nom *Pagodulina pagodula*) sont rattachables à *P. a. austeniana*. D'après les données récentes, il existe toutefois une composante écologique pour la répartition des deux espèces en France : *P. subdola* est une espèce beaucoup plus alpine, présente dans les forêts de hêtres principalement exposées au nord entre 725 et 1585 m d'altitude, tandis que *P. a. austeniana* ne dépasse pas 800 m, également dans des zones boisées assez humides (typiquement les ripisylves) mais de végétation cependant plus méditerranéenne, sur des pentes globalement orientées vers l'est, le sud ou l'ouest (Figures 3 et 4). Aucun cas de syntopie des deux espèces n'a été observé en France.

Remerciements — Les auteurs remercient Vincent Prié pour leur avoir mis à disposition des spécimens de *Pagodulina austeniana* de l'Hérault (Figure 1E) et Benoît Lequette pour avoir permis l'inventaire malacologique du Parc national du Mercantour.

Références

- Baker, H. B. 1963. Type land snails in the Academy of Natural Sciences of Philadelphia. Part II. Land Pulmonata, exclusive of North America north of Mexico. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, 115(8): 191-259.
- Boato, A., Bodon, M. & Giusti, F. 1985. Molluschi terrestri e d'acqua dolce delle Alpi Liguri. *Lav. Soc. ital. Biogeogr.*, (N. S.), 9[1982]: 237-371.
- Dupuy, D. 1847-1852. *Histoire Naturelle des Mollusques terrestres et d'eau douce qui vivent en France*. V. Masson Paris 737 + 31 pp.
- Falkner, G. 1990. Binnenmollusken. in: Fechter, R. & Falkner, G. [Eds]. *Weichtiere. Europäische Meeres und Binnenmollusken*. Steinbachs Naturführer, München (Mosaik): 10: 112-280.
- Falkner, G. 2000. Beiträge zur Nomenklatur der europäischen Binnenmollusken, X. Nomenklatur einiger Taxa der Art-Gruppe aus der französischen Fauna (Gastropoda et Bivalvia). *Heldia*, 3(1): 27-35.
- Falkner, G., Ripken, T. E. J. & Falkner, M. 2002. Mollusques continentaux de la France : liste de référence annotée et bibliographie. *Patrimoines naturels*, 52: 1-350.
- Forcart, L. 1950. Wiederbeschreibung von *Pagodulina pagodula* (DES MOULINS) aus dem Dep. Dordogne und Bemerkungen zur rassenmäßigen Gliederung der Gattung *Pagodulina*. *Archiv für Molluskenkunde*, 79(4/6): 167-174.
- Gittenberger, E. 1978. Beiträge zur Kenntnis der Pupillacea, VIII. Einiges über Orculidae. *Zoologische Verhandlungen*, 163: 3-44, Taf. 1-4.
- Holyoak, D. T. & Seddon, M. 1985. Nonmarine Gastropoda from France, Spain and Italy. *Journal of Conchology*, 32(1): 67-69.
- Kerney, M. P. & Cameron, R. A. D. 1999. *Guide des escargots et limaces d'Europe. Identification et biologie de plus de 300 espèces*. Adaptation française A. Bertrand. Delachaux et Niestlé, Lausanne et Paris. 370 pp.
- Klemm, W. 1939. Zur rassenmäßigen Gliederung des Genus *Pagodulina* CLESSIN. *Arch. Naturgesch.*, (N. F.), 8(2): 198-262.
- Moquin-Tandon, A. 1855-1856. *Histoire Naturelle des Mollusques Terrestres et Fluviales de France*. J.-B. Baillière Paris 2 vol. + Atlas.
- Pilsbry, H. A. 1922-1926. *Pupillidae (Orculinae, Pagodulinae, Acanthinulinae, etc)*. Manual of conchology. Second series: Pulmonata. Academy of Natural Sciences, Philadelphia. 27: V + 369 pp.
- Prié, V. 2005. Synthèse sur la répartition de *Xerocrassa geyeri* (Soos, 1926), *Vertigo substriata* (Jeffreys, 1833), *Argna ferrarii blanci* (Bourguignat, 1874) et *Pagodulina austeniana* (Nevill, 1880) dans la marge Sud-Ouest du Massif central. *MalaCo*, 1: 13-16.
- Venmans, L. A. W. C. 1959. Notes on Land and Freshwater Mollusca of SouthEastern France. *Basteria*, 23(4/5): 77-88.
- Zilch, A. 1947. Über einige *Pagodulina* des SenckenbergMuseums. *Archiv für Molluskenkunde*, 76(1/3): 73-74.

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 réalisées, 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.