

Cucherat, X. & Demuynek, S. 2008. Les plans d'échantillonnage et les techniques de prélèvements des mollusques continentaux. *MalaCo*, 5 : 244-253.
Publié sur www.journal-malaco.fr

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 DEMUYNCK²

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 milieux. Ce fait est généralement lié à une méconnaissance de ce groupe zoologique, des données éparses 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 clefs — 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 & Gazey 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-Falniowska & 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 réplicats. 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 Demuynek, 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 silviculture 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 Pukeamaru 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: probleman 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 conctectus*) 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 Vohimena and the conserved Anosy mountains chains, southeast Madagascar. *Biological Conservation*, 89: 183-188.
- Falkner, G., Obrdlik, 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.
- Foekler, F. 1991. Classifying and evaluating alluvial floodplain waters of the Danube by water mollusc association. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 24: 1881-1887.
- Foekler, 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 *Deroceas 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. *Haliotis*, 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.
- Micharlik-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 Bestandserfassung. *Mitteilungen der Deutschen Malakozoologischen Gesellschaft*, 44/45: 1-15.
- Nyilas, I. F. & Simegi, 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., Agüera, 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). *Revue d'Ecologie et de Biologie 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.
- Scherrer, 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. (Balckwell 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 Managment*, 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.