

La Limnée étroite est-elle capable de s'adapter à de nouvelles stations sur sol acide lorsque de faibles effectifs sont utilisés ?

Daniel RONDELAUD, Philippe VIGNOLES, Gilles DREYFUSS*

* gilles.dreyfuss@unilim.fr

Laboratoire de Parasitologie, Faculté de Pharmacie, Université de Limoges, 87025 Limoges Cedex

Résumé :

Des échantillons de 5, 10 ou 20 *Omphiscola glabra* adultes ont été introduits dans 12 fossés de route ou de chemin sur sol acide pour étudier la colonisation de ces nouveaux sites par le mollusque. Des relevés ont été ensuite effectués pendant les six années suivantes pour déterminer la superficie que ces individus colonisent dans ces nouvelles stations et décompter le nombre des individus transhivernants en avril ou en mai. De nouvelles populations se sont développées dans les 12 fossés étudiés. La colonisation de chaque collection d'eau a été plus rapide lorsque l'échantillon de mollusques introduits comprenait 20 adultes. L'effectif global des descendants décomptés en avril ou en mai est passé par un pic au cours de la deuxième année post-introduction avant de diminuer graduellement jusqu'à une moyenne de 32,3-33,5 mollusques à la sixième année. La Limnée étroite est donc capable de coloniser de nouvelles zones sur sol acide à condition qu'il y ait une source temporaire.

Mots-Clés : colonisation, habitat, *Lymnaeidae*, *Omphiscola glabra*, sol acide, transplantation.

Can *Omphiscola glabra* adapt to new acid soil stations when low numbers of snails are introduced?

Abstract:

Samples of 5, 10 or 20 adult *Omphiscola glabra* were introduced into 12 road or way ditches on acid soil to study the colonization of these new sites by the snail. Surveys were conducted over the following six years to determine the area these *O. glabra* colonized in these new stations and to count the number of overwintering snails in April or May. New populations developed in the 12 ditches. Colonization of each water collection was faster when the sample of introduced snails included 20 adults. The overall number of offspring counted in April or May peaked in the second year post-introduction before gradually decreasing to a mean of 32.3-33.5 snails in the sixth year. *Omphiscola glabra* is therefore able to colonize new areas on acid soil so long as there is a temporary source.

Key-Words: acid soil, colonization, habitat, *Lymnaeidae*, *Omphiscola glabra*, transplantation

Introduction

La Limnée étroite, connue également sous le nom scientifique d'*Omphiscola glabra* (O.F. Müller, 1774) ou encore de *Lymnaea glabra*, est un gastéropode pulmoné qui vit dans les eaux douces. A l'inverse des autres espèces de limnées, *O. glabra* n'a qu'une distribution géographique limitée dans l'Europe de l'Ouest, depuis le sud de la Scandinavie jusqu'au sud de l'Espagne (Hubendick, 1951). Un certain nombre d'auteurs ont constaté que cette limnée présente un déclin actuel dans le nombre et la taille de ses populations (voir les synthèses de Prié *et al.*, 2011 et de Welter-Schultes, 2012, 2013). Les raisons invoquées sont liées au monde agricole. La réalisation de drainages souterrains dans les prairies, où pâture le bétail domestique, et la pratique d'une agriculture intensive ont entraîné la disparition de nombreuses colonies (Kerney, 1999 ; Glöer et Diercking, 2010). D'après Prié *et al.* (2011), la diminution moyenne dans le nombre de ces populations se situerait dans une fourchette allant de 20 à 25 % au cours des quinze dernières années. Mais ces chiffres varient selon les pays. Au Royaume-Uni, par exemple, cette réduction numérique serait comprise entre 25 et 49 % selon le pays constitutif (Ecosse, Pays de Galles, ...) et le district étudié (Maclean, 2010 ; Prié *et al.*, 2011).

Cette situation a conduit les autorités scientifiques de plusieurs pays à prendre des mesures pour assurer la sauvegarde de cette espèce. *Omphiscola glabra* a ainsi été inscrit sur les Listes rouges des espèces menacées comme un taxon en danger critique d'extinction en Irlande, une espèce en danger en Allemagne, et un mollusque vulnérable aux Pays-Bas, au Royaume-Uni et en Suède (Byrne *et al.*, 2009 ; Prié *et al.*, 2011 ; Welter-Schultes, 2012, 2013). La Limnée étroite a, de plus, été inscrite par Wells et Chatfield (1992) sur la liste européenne des espèces à protéger. Une action pour la sauvegarde de cette limnée a, d'ailleurs, été mise en place en Ecosse depuis les années 2000 (Macadam et Baker, 2005 ; Macadam, 2006 ; Baker, 2013). Parmi les objectifs que le « mud snail group » a

définis, figurent l'inventaire des populations existant à l'heure actuelle sur le territoire écossais, l'élevage de mollusques captifs selon les principes de l'aquariophilie et la transplantation d'échantillons de mollusques à partir de leurs habitats naturels pour coloniser de nouveaux sites. Les chercheurs de ce groupe d'études cherchent à définir les facteurs biotiques ou environnementaux qui assurent le meilleur développement pour une population d'*O. glabra* dans son habitat.

Sur les sols acides du Limousin, *O. glabra* vit préférentiellement sur le réseau de drainage superficiel de nombreuses prairies marécageuses (Vareille-Morel *et al.*, 2007). Sur les 2150 populations que Dreyfuss *et al.* (2018a) ont recensées dans le département de la Haute-Vienne depuis 1970. 77 % ont été observées dans les prairies marécageuses et 13,8 % dans les fossés de route qui les entourent. Cette limnée se rencontre avec *Galba truncatula* (O.F. Müller, 1774) sur les mêmes réseaux de drainage superficiel, mais les deux limnées occupent des habitats différents. Ceux d'*O. glabra* se situent sur le cours moyen des rigoles de drainage superficiel, tandis que *G. truncatula* colonise souvent l'extrémité amont de ces mêmes rigoles (Vareille-Morel *et al.*, 1999 ; Dreyfuss *et al.*, 2015 ; Vignoles *et al.*, 2017, 2018).

Le déclin dans le nombre des populations a été également constaté dans le Limousin et les départements limitrophes depuis les années 2000. Sur les prairies de 162 fermes sur sols acides, ce déclin est de 23,4 % en 2013-2016 par rapport au nombre de populations décomptées entre 1976 et 1992 (Dreyfuss *et al.*, 2016). De même, sur les terrains sédimentaires de trois départements bordant le Limousin, Dreyfuss *et al.* (2018b) ont rapporté une chute de 38 % en 2016-2017 dans les pâtures de 52 fermes par rapport aux valeurs relevées avant 1998. Cette diminution actuelle dans le nombre des populations serait principalement due à l'activité humaine dans ces fermes. Devant le déclin dans le nombre des populations que les études de Dreyfuss *et al.* (2016, 2018b) ont montré, il était utile de déterminer si l'espèce pouvait coloniser de nouveaux habitats. Ce type d'étude a été

réalisé en analysant les résultats fournis par des transplantations d'*O. glabra* depuis leur habitat originel dans de nouvelles zones et sur leur suivi au cours des années qui suivent.

Des introductions d'*O. glabra* dans de nouvelles stations ont déjà été réalisées par notre équipe au cours de deux expériences entre 1996 et 2005 sur sol acide et entre 2003 et 2009 sur sols acide et sédimentaire (Dreyfuss *et al.*, 2010 ; Vignoles *et al.*, 2017, 2018). Des échantillons de 100 limnées adultes ont été placés dans des rigoles de drainage superficiel ou des fossés de route en tenant compte des exigences du mollusque (nécessité d'une végétation assez dense dans chaque station, présence d'une source temporaire ou permanente) et les populations en résultant ont été suivies sur une période de neuf et de sept années, respectivement, pour analyser les variations d'effectif. Dans les deux cas, les populations se sont accrues de 1,2 à 2,7 fois en moyenne au cours de la deuxième ou de la troisième année post-introduction avant de diminuer en nombre par la suite (Vignoles *et al.*, 2017, 2018). Devant ces premiers résultats, la question s'est posée de savoir si la colonisation de nouveaux habitats potentiels pouvait être réalisée avec succès en utilisant un nombre plus faible d'*O. glabra* (5, 10 ou 20 adultes par contingent). Une expérimentation de six années a donc été réalisée en introduisant des mollusques dans 12 fossés de route ou de chemin situés dans le nord de la Haute-Vienne. Toutes ces stations comportaient une source temporaire s'écoulant de la mi-novembre au mois de juin suivant. Le nombre de limnées adultes provenant de l'année précédente (mollusques transhivernants) et la superficie colonisée par la population dans ces nouveaux habitats ont été suivis pendant six années en avril ou en mai selon l'altitude de ces habitats.

Matériel et méthodes

Stations d'étude

L'expérimentation a porté sur 12 fossés de route ou de chemin. Ces derniers étaient vierges de limnées au début de l'expérience. Le tableau 1 fournit leurs principales caractéristiques. Ils ont été choisis pour les

raisons suivantes : *i*) aucun mollusque prédateur : *Zonitoides nitidus* (O.F. Müller, 1774) n'a été observé dans ces fossés au cours de l'année précédant l'expérience alors que cette espèce est particulièrement abondante dans les prairies marécageuses et effectue une prédation active sur les limnées présentes en juin ou au début de juillet (Rondelaud *et al.*, 2006) ; *ii*) ces fossés se situent à une altitude comprise entre 200 et 400 m dans le nord de la Haute-Vienne car les populations d'*O. glabra* diminuent en nombre, puis disparaissent lorsque l'altitude s'élève (Dreyfuss *et al.*, 2018a) ; *iii*) chaque fossé est alimenté par une source temporaire (ces sources sont fréquentes sur les sols acides) ; *iv*) la végétation présente dans les collections d'eau est abondante et est composée de joncs, de carex et d'espèces appartenant à la famille des Poaceae (principalement *Agrostis stolonifera* Linnaeus, 1753). Ces fossés sont situés sur les communes de Berneuil, Blond, Breuilaufa, Saint-Ouen-sur-Gartempe et Saint-Junien-les-Combes. Le sédiment de fond y est composé de sable et de gravier, soutenu par du granite. Le pH de l'eau y varie de 6,1 à 7 et le taux de calcium dissous dans l'eau courante est compris entre 15 et 19 mg/L (Guy *et al.*, 1996). Ils sont recouverts par de l'eau depuis la mi-novembre jusqu'à la fin juillet et sont donc en dessèchement pendant 3,5 à 4 mois. La largeur de la zone couverte par l'eau entre décembre et la fin mai varie de 5 à 30 cm selon les précipitations atmosphériques, tandis que la profondeur de la couche d'eau varie de 1 à 25 cm.

Tous ces fossés sont soumis à un climat continental fortement modulé par les vents humides qui viennent de l'Océan Atlantique. Selon les années, la pluviométrie annuelle moyenne se distribue entre 800 et 1000 mm, tandis que la température annuelle moyenne varie de 10,5° à 11,5° C selon l'altitude des stations (Rondelaud *et al.*, 2011 ; Vignoles *et al.*, 2017).

Protocole expérimental

La population d'*O. glabra* à l'origine des mollusques transplantés vit dans une prairie marécageuse située sur la commune de

Mézières-sur-Issoire, département de la Haute-Vienne. Un total de 140 limnées hautes de 12 mm ou plus, appartenant à la génération transhivernante, a été récolté entre 2011 et 2013, et celles-ci ont été réintroduites à la fin mars dans l'une ou l'autre des 12 nouvelles stations. Cette gamme de tailles a été choisie car les mollusques sont alors adultes et peuvent donc déposer des pontes après leur introduction dans les fossés.

Comme la densité de ces limnées en mars ou avril ne dépasse 10 individus/m² dans 68,4 % des cas sur les sols acides du Limousin (Rondelaud *et al.*, 2017), des échantillons de 5, 10 ou 20 adultes provenant de la population d'origine ont été introduits dans ces nouvelles stations selon le protocole indiqué sur le tableau 1. Ces individus ont été déposés en une seule fois à la fin mars au milieu de la collection d'eau présente dans chaque fossé. Le choix de la fin mars pour l'introduction des limnées tient compte de la date (début mai) où les premières pontes sont déposées par les mollusques transhivernants (Rondelaud *et al.*, 2016).

Dans les fossés où une population d'*O. glabra* s'est développée, les caractéristiques de l'habitat ont été suivies sur une période de six années après l'introduction des mollusques. La superficie de la zone colonisée par les limnées est déterminée dans un premier temps en tenant compte de sa forme géométrique. Les mollusques transhivernants sont ensuite décomptés par chasse à vue à l'aide d'une passoire (grandeur de mailles, 3 mm) car ils sont alors au stade adulte à cette période). Aucun relevé n'a été effectué dans ces stations en 2015. Par contre, ces relevés ont été réalisés en mars, avril ou mai au cours des autres années de 2012 à 2014 et de 2016 à 2019.

Aucune clôture n'a été mise en place et la végétation a été fauchée par gyrobroyage dans la plupart des fossés chaque année ou tous les deux ans en septembre (selon les communes).

Paramètres étudiés

Le premier est la fréquence des nouveaux habitats colonisés par *O. glabra*, tandis que les deux autres sont la superficie de la zone

colonisée par les limnées dans chaque collection d'eau (exprimée en pourcentage) et le nombre total des individus transhivernants en avril ou en mai. Comme l'introduction des *O. glabra* dans ces nouvelles stations s'est déroulée sur plusieurs années (voir le tableau 1), les résultats de chaque paramètre ont été exprimés par rapport au numéro d'ordre de l'année post-introduction.

Les valeurs individuelles se rapportant à la superficie des habitats ont été ramenées à une moyenne, encadrée d'un écart type, en tenant compte de la taille de l'échantillon (5, 10 ou 20 limnées) et de l'année post-introduction. Le même protocole a été utilisé pour le nombre total des mollusques transhivernants. La normalité de ces valeurs a d'abord été analysée en utilisant le test de Shapiro-Wilk (Shapiro et Wilk, 1965). Comme leurs distributions n'étaient pas normales, le test de Kruskal-Wallis a été utilisé ensuite pour établir les niveaux de signification statistique. Nous avons également utilisé le package `r.p.girmess` (Siegel et Castellan, 1988) comme test post-hoc pour effectuer des comparaisons par paires. Les différentes analyses ont été réalisées à l'aide du logiciel R 3.3.0 (R Core Team, 2016).

Le nombre de descendants par mollusque adulte introduit a été également calculé pour chaque type d'échantillon (5, 10 ou 20 mollusques) en utilisant les valeurs obtenues lors de la deuxième année post-introduction car ce sont les plus élevées.

Résultats

De nouvelles populations se sont développées dans les 12 fossés étudiés. Dix d'entre elles ont été observées au cours des six années de l'expérience. Dans le cas des deux autres colonies, l'une a disparu au cours de la cinquième année post-introduction lors d'un curage mécanique de l'habitat et l'autre au cours de la sixième année en raison d'une pollution au gasoil.

Superficie de ces nouveaux habitats

La figure 1 montre la superficie moyenne de la zone colonisée par les limnées dans les

années qui ont suivi l'introduction des échantillons de 5, 10 ou 20 limnées adultes. Ces valeurs ont été notées en avril ou en mai selon l'altitude des habitats et ont été exprimées en pourcentage par rapport à l'aire recouverte par la collection d'eau dans chaque fossé. La collection d'eau présente dans les fossés, où des échantillons de 20 mollusques ont été implantés, a été entièrement colonisée par la Limnée étroite au cours de la deuxième année post-introduction. Cette colonisation a été plus lente dans le cas des autres fossés : au cours de la troisième ou de la quatrième année lorsque les échantillons comprenaient 10 mollusques, et au cours de la cinquième ou de la sixième année dans le cas des échantillons comprenant 5 limnées.

Effectif total des populations en avril ou en mai

Les variations numériques des descendants sont présentées sur la figure 2 par rapport au numéro d'ordre de l'année post-introduction. Ces descendants correspondent aux seuls adultes de la génération transhivernante car ces derniers n'ont pas encore déposé leurs pontes. Dans les trois types de fossés, l'effectif global de la population passe par un maximum au cours de la deuxième année post-introduction. Ce pic est significativement plus élevé ($H = 9,33$, $p < 1\%$) dans les fossés où des échantillons de 20 mollusques ont été introduits que dans les autres sites : 140,5 adultes transhivernants en moyenne au lieu de 128,3 et 102,5 *O. glabra* dans les sites où des échantillons de 10 et 5 limnées par ordre respectif ont été implantés. Par la suite, on assiste à une diminution graduelle de ces nombres pour aboutir à des moyennes comprises entre 32,3 et 33,5 limnées au cours de la sixième année. Aucune différence significative entre ces dernières moyennes n'a été notée à la fin de cette expérience.

Si l'on compare le nombre des individus décomptés au cours de la deuxième année et celui des parents qui ont été introduits, on constate une diminution nette dans l'effectif des descendants lorsque le nombre de parents par échantillon augmente : de 20,5 à 8,2 par

parent lorsque l'échantillon passe de 5 à 20 adultes (données non représentées).

Discussion

Le rôle d'hôte intermédiaire, qu'*O. glabra* joue dans la transmission de *Fasciola hepatica* Linnaeus, 1758 (Grande Douve du foie), a eu un effet négatif sur la sauvegarde de cette limnée dans le Limousin. En effet, ce mollusque peut assurer le développement des formes larvaires du parasite. Parmi les trois modes d'infestation de cette limnée, le plus fréquent semble être la co-infestation d'*O. glabra* par les miracidiums de *F. hepatica* et ceux d'un autre parasite, *Calicophoron daubneyi* (Dinnik, 1962) car ces deux helminthes se rencontrent souvent chez les mêmes bovins (Vignoles *et al.*, 2017, 2018). Comme ce mollusque vit dans les mêmes pâtures que *G. truncatula*, cet état de fait a incité un certain nombre d'éleveurs vers les années 1990 à prendre des mesures pour interrompre le cycle de *F. hepatica* en détruisant les habitats du mollusque. Curage mécanique des habitats et gyrobroyage de la végétation ont donc été appliqués pendant plusieurs années pour éliminer les deux limnées de leurs pâtures (D. Rondelaud, observation personnelle). L'utilisation croissante du triclabendazole pour traiter les bovins ou les ovins atteints par la fasciolose (Reynal, 2001) a permis de diminuer graduellement la prévalence de cette affection et, par suite, a incité les éleveurs à abandonner les mesures qu'ils appliquaient sur leurs prairies. La présence du bétail domestique et des limnées sur les mêmes prairies est cependant possible sur les sols acides comme cela a été démontré par Vignoles *et al.* (2016) dans le nord de la Haute-Vienne en isolant les habitats de l'une ou de l'autre limnée (la superficie de ces gîtes est souvent réduite) du reste des pâtures.

Les données de la présente étude confirment les résultats des deux expériences antérieures que notre équipe a réalisées en transférant des *O. glabra* sur des sols acides ou sédimentaires (Dreyfuss *et al.*, 2010 ; Vignoles *et al.*, 2017). Elles montrent, en plus, que l'introduction de faibles effectifs

comprenant 5, 10 ou 20 limnées par échantillon dans de nouveaux sites a permis le développement de populations dans les 12 fossés étudiés, à condition qu'il y ait une source temporaire qui les alimente. Quelques limnées introduites dans un nouveau site approprié suffisent donc pour fonder une nouvelle colonie. Comme *G. truncatula* (données non publiées), *O. glabra* possède aussi un pouvoir colonisateur, tout au moins sur des sols acides compris entre 200 et 400 m d'altitude. Ces résultats appellent deux commentaires. Tout d'abord, il est manifeste que les contingents de 100 mollusques adultes utilisés par notre équipe dans les deux expérimentations précédentes (Dreyfuss *et al.*, 2010 ; Vignoles *et al.*, 2017) étaient trop importants. Deuxièmement, nos résultats démontrent qu'*O. glabra* est capable de s'adapter parfaitement dans son nouveau milieu. La vitesse avec laquelle la limnée colonise la collection d'eau présente dans chaque fossé (Fig. 1) soutient cette dernière affirmation.

L'évolution numérique des descendants dans les différentes populations d'*O. glabra* est en accord avec les diverses observations qui ont été réalisées par notre équipe sur les sols acides du Limousin (Rondelaud *et al.*, 2006 ; Dreyfuss *et al.*, 2010 ; Vignoles *et al.*, 2017). L'abondance de chaque population présente un pic au cours de la deuxième ou de la troisième année post-introduction avant que les effectifs ne diminuent graduellement au cours des années suivantes pour aboutir à des moyennes qui se situent dans le même ordre de grandeur. Ces données suggèrent l'existence d'une régulation dans le nombre de ces descendants. Plusieurs hypothèses peuvent être émises pour expliquer ce résultat. La plus valide est de rattacher ce fait à la végétation présente dans l'habitat : celle-ci aurait augmenté en densité au cours des six années de l'expérience, entraînant par suite une diminution de l'effectif des limnées. Cette première interprétation s'appuie sur les observations de Moens (1981, 1991) qui note la diminution des effectifs d'une autre limnée (*G. truncatula*), puis la disparition de la population lorsque la végétation dans les

prairies marécageuses de la Belgique devient trop abondante. Mais on ne peut exclure une diminution des effectifs en rapport avec l'activité humaine car le gyrobroyage annuel ou bisannuel de la végétation dans les habitats de *G. truncatula* ou d'*O. glabra* entraîne souvent une diminution des effectifs comme l'un d'entre nous l'a constaté dans le nord de la Haute-Vienne (D. Rondelaud, observation personnelle).

La diminution nette notée dans l'effectif des descendants lorsque le nombre de parents par échantillon augmente n'a pas été observé dans le cas de *G. truncatula* lorsque cette espèce a été transplantée selon les mêmes conditions dans de nouvelles stations sur sol acide (Rondelaud *et al.*, 2019). Cette différence peut s'expliquer en partie par l'activité reproductrice de chaque limnée car les pontes d'*O. glabra* sur sol acide contiennent plus d'œufs que celles de *G. truncatula* : de 9 à 13 œufs par ponte au lieu de 4 à 6 (Vareille-Morel *et al.*, 1998 ; Rondelaud *et al.*, 2016). Une autre explication, qui est peut-être complémentaire de la précédente, est d'admettre que cette diminution numérique des descendants sur le terrain serait la conséquence d'un effet foule comme cela a déjà été rapporté dans les papiers de Mangal *et al.* (2010) ou de McCreesh *et al.* (2014) sur des planorbes. En effet, il existe une relation négative entre le nombre de descendants et l'augmentation de la densité des parents lorsque des mollusques d'eau douce sont élevés dans les conditions du laboratoire (Wright, 1960 ; Dillon, 2010).

Conclusion

L'introduction de quelques *O. glabra* (de 5 à 20 par échantillon) dans des fossés sur sol acide s'est traduite par le développement de toutes les populations. Celles-ci ont rapidement colonisé l'espace disponible dans leur nouvel habitat et ont présenté un accroissement numérique de leurs effectifs, suivi d'une diminution graduelle dans les années qui suivent. Comme *G. truncatula*, *O. glabra* est donc capable de coloniser de nouvelles zones sur sol acide à condition qu'il y ait une source temporaire ou permanente.

Bibliographie

Baker P., 2013. An action plan for the mud snail *Omphiscola glabra*. Disponible sur : <http://www.freshwaterhabitats.org.uk/wordpress/wp-content/uploads/2013/09/Mud-Snail-Species-Dossier.pdf> (consulté le 27 juillet 2015).

Byrne A., Moorkens E.A., Anderson R., Killeen I.J. and Regan E.C., 2009. Ireland Red List no. 2: Non-marine molluscs. National Parks and Wildlife Service, Department of the Environment, Heritage and Local Government, Dublin, Ireland, 49 p.

Dillon R.T. Jr, 2010. The ecology of freshwater molluscs (Cambridge studies on ecology). Cambridge University Press, Cambridge, 523 p.

Dreyfuss G., Vignoles P. and Rondelaud D., 2010. *Omphiscola glabra* (Gastropoda, *Lymnaeidae*): changes occurring in natural infections with *Fasciola hepatica* and *Paramphistomum daubneyi* when this snail species is introduced into new areas. *Annales de Limnologie-International Journal of Limnology* **46**, 191–197.

Dreyfuss G., Vignoles P., Rondelaud D. and Cabaret J., 2015. The mud snail (*Galba truncatula*). Ecology, parasitism and control. Lambert Academic Publishing, Saarbrücken, 238 p.

Dreyfuss G., Vignoles P. and Rondelaud D., 2016. Present decline in the number and size of populations of *Galba truncatula* and *Omphiscola glabra*, intermediate hosts of *Fasciola hepatica*, on the acidic soils of Central France. *Parasite* **23**, 46.

Dreyfuss G., Vignoles P. and Rondelaud D., 2018a. *Omphiscola glabra* O.F. Müller, 1774 (Gastropoda, *Lymnaeidae*) : la distribution des populations et les

caractéristiques de leurs habitats par rapport à l'altitude et aux conditions climatiques de la Haute-Vienne. *MalaCo* **14**, 1–4.

Dreyfuss G., Vignoles P. and Rondelaud D., 2018b. *Galba truncatula* and *Omphiscola glabra* (Gastropoda, *Lymnaeidae*): present decline in populations living on sedimentary soils in central France. *Annales de Limnologie-International Journal of Limnology* **54**, 11.

Glöer P. and Diercking R., 2010. Atlas der Süßwassermollusken Hamburg. Rote Liste, Verbreitung, Ökologie. Umweltbehörde, Hamburg, 182 p. Disponible sur : <http://www.malaco.de/Sonderdrucke/atlas-suesswassermollusken.pdf> (consulté le 27 juillet 2015).

Guy F., Rondelaud D., Botineau M., Dreyfuss G. et Ghestem A., 1996. Etude de relations entre les plantes les plus fréquentes et l'abondance de *Lymnaea truncatula* Müller, vecteur de *Fasciola hepatica* Linné dans les prairies marécageuses sur sol acide. *Revue de Médecine Vétérinaire* **147**, 465–470.

Hubendick B., 1951. Recent *Lymnaeidae*. Their variation, morphology, taxonomy, nomenclature, and distribution. *Kungliga Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar* **3**, 1–223.

Kerney M., 1999. Atlas of the land and freshwater molluscs of Britain and Ireland. Harley Books, Colchester, 272 p.

Macadam C., 2006. Mud snails (*Omphiscola glabra*) in Scotland. *BRISC Recorder News* **62**, 6–8.

Macadam C. and Baker P., 2005. An action plan for the mud snail - *Omphiscola glabra* (Müller, 1774). Disponible sur :

<http://www.mudsnailstudygroup.co.uk>
(consulté le 27 juillet 2015).

Macleane N., 2010. Silent summer: the state of wildlife in Britain and Ireland. Cambridge University Press, Cambridge, 768 p.

Mangal T.D., Paterson S. and Fenton A., 2010. Effects of snail density on growth, reproduction and survival of *Biomphalaria alexandrina* exposed to *Schistosoma mansoni*. *Journal of Parasitology Research* **2010**, 186792.

McCreesh N., Arinaitwe M., Arineitwe W., Tukahebwa E.M. and Booth M., 2014. Effect of water temperature and population density on the population dynamics of *Schistosoma mansoni* intermediate host snails. *Parasites & Vectors* **7**, 503.

Moens R., 1981. Les habitats de *Lymnaea truncatula*, hôte intermédiaire de *Fasciola hepatica*. *Revue de l'Agriculture* **34**, 1563–1580.

Moens R., 1991. Factors affecting *Lymnaea truncatula* populations and related control measures. *Journal of Medical and Applied Malacology* **3**, 73–84.

Prié V., Seddon M.B. and Vavrova L., 2011. *Omphiscola glabra*. The IUCN Red List of threatened species. Version 2015.2. Disponible sur : <http://www.iucnredlist.org> (consulté le 27 juillet 2015).

R Core Team, 2016. R: a language and environment for statistical computing. Vienna : R Foundation for Statistical Computing. Disponible sur: <https://www.R-project.org> (consulté le 27 mai 2016).

Reynal J.L., 2001. Enquête épidémiologique sur les traitements appliqués contre la fasciolose et la paramphistomose bovine dans le Sud-

ouest de la Corrèze. Thèse d'exercice en Pharmacie, Université de Limoges, 83 p.

Rondelaud D., Vignoles P., Dreyfuss G. and Mage C., 2006. The control of *Galba truncatula* (Gastropoda: *Lymnaeidae*) by the terrestrial snail *Zonitoides nitidus* on acid soils. *Biological Control* **39**, 290–299.

Rondelaud D., Hourdin P., Vignoles P., Dreyfuss G. et Cabaret J., 2011. The detection of snail host habitats in liver fluke infected farms by use of plant indicators. *Veterinary Parasitology* **18**, 166–173.

Rondelaud D., Vignoles P. et Dreyfuss G., 2016. Caractéristiques des pontes et croissance d'*Omphiscola glabra* chez quatre populations vivant sur marne ou sur granite. *Annales Scientifiques du Limousin* **27**, 1–11.

Rondelaud D., Vignoles P. et Dreyfuss G., 2017. La Linnée étroite (*Omphiscola glabra* O.F. Müller, 1774) : les caractéristiques des habitats sur sols acides en fonction du type de biotope. *MalaCo* **13**, 1–4.

Shapiro S.S. and Wilk M.B., 1965. An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika* **52**, 591–611.

Siegel S. and Castellan N.J., 1988. Nonparametric statistics for the behavioral sciences. MacGraw Hill Int., New York, 399 p.

Vareille-Morel C., Abrous M., Dreyfuss G. and Rondelaud D., 1998. Oviposition behaviour of *Lymnaea truncatula* in central France. *Journal of Molluscan Studies* **64**, 387–391.

Vareille-Morel C., Dreyfuss G. and Rondelaud D., 1999. The characteristics of habitats colonized by three species of

Lymnaea in swampy meadows on acid soil: their interest for fasciolosis control. *Annales de Limnologie-International Journal of Limnology* **35**, 173–178.

Vareille-Morel C., Dreyfuss G. et Rondelaud D., 2007. Les habitats des *Lymnaeidae* sur sol acide. A propos de quelques observations dans la région Limousin sur une trentaine d'années. *MalaCo* **4**, 143–147.

Vignoles P., Rondelaud D. et Dreyfuss G., 2016. Contrôle intégré de deux parasitoses basé sur l'isolement des habitats colonisés par *Omphiscola glabra* dans deux fermes de la Haute-Vienne. *Annales Scientifiques du Limousin* **27**, 31–37.

Vignoles P., Dreyfuss G. et Rondelaud D., 2017. Ecologie et parasitisme de la Limnée étroite (*Omphiscola glabra*). PULIM, Limoges, 228 p.

Vignoles P., Rondelaud D. and Dreyfuss G., 2018. The snail *Omphiscola glabra*.

Ecology, parasitism and conservation. Editions Universitaires Européennes, Sarrebruck, 194 p.

Wells S.M. and Chatfield J.E., 1992. Threatened non-marine molluscs of Europe. Nature and environment. Council of Europe, Strasbourg, 163 p.

Welter-Schultes F., 2012. European non-marine molluscs. A guide for species identification. Planet Poster Editions, Göttingen, 768 p.

Welter-Schultes F., 2013. Species summary for *Omphiscola glabra*. Disponible sur : <http://www.animalbase.uni-goettingen.de/zooweb/servlet/AnimalBase/home/species?id=2200> (consulté le 20 janvier 2016).

Wright C.A., 1960. The crowding phenomenon in laboratory colonies of freshwater snails. *Annals of Tropical Medicine and Parasitology* **54**, 224–232.

Tableau 1 : Principales caractéristiques des 12 fossés utilisés dans le nord de la Haute-Vienne pour les transplantations de limnées.

Nouvelles stations dans lesquelles les mollusques ont été introduits		Début de l'expérimentation	Nombre de limnées introduites par station en mars
Nombre	Superficie de la collection d'eau à la mi-mars (m ²)		
4	7,7-10,5	2011 ou 2012	5
4	7,8-9,4	2011, 2012 ou 2013	10
4	7,2-10,3	2011 ou 2012	20

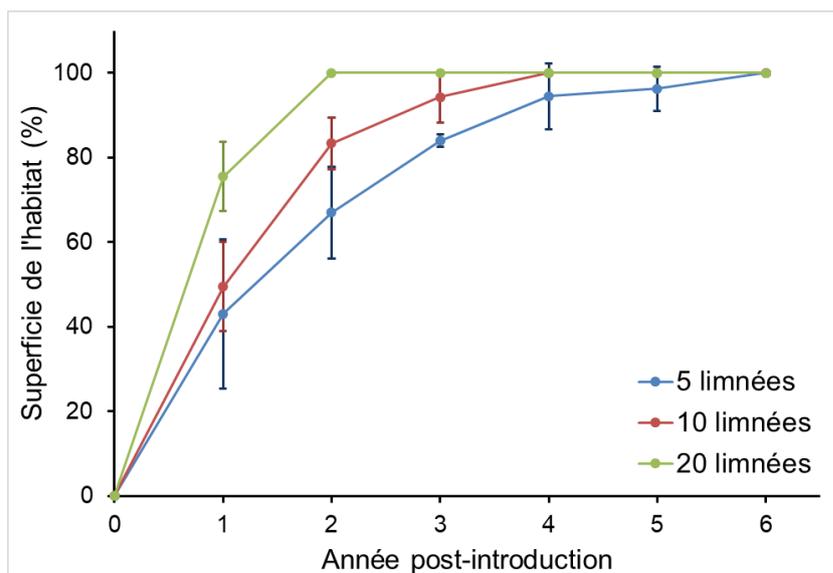


Figure 1 : La superficie colonisée par *Omphiscola glabra* dans 12 stations au cours des six années de l'expérience. Cette superficie est exprimée en pourcentage par rapport à celle de la collection d'eau présente dans chaque fossé lors du relevé. Les moyennes sont présentées sur ce graphe avec leurs écarts types.

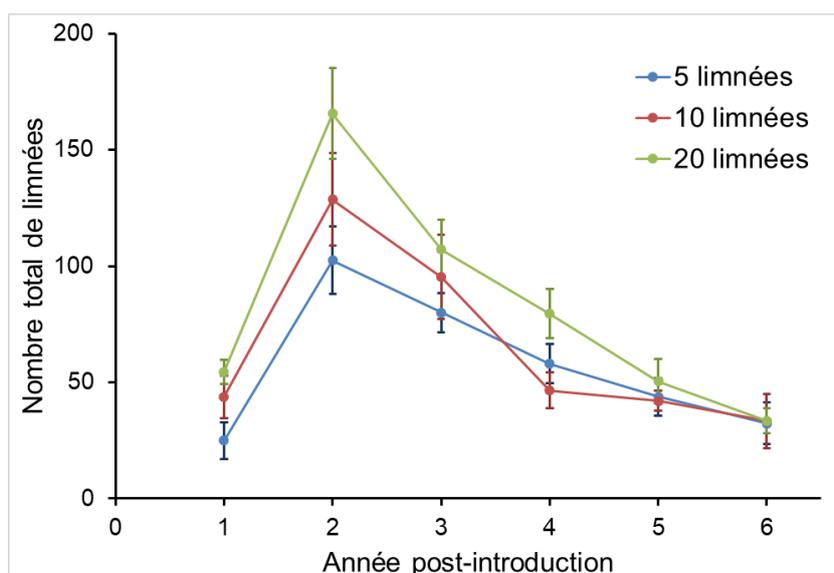


Figure 2 : Le nombre total des *Omphiscola glabra* dans 12 stations au cours des six années de l'expérience. Les moyennes sont présentées sur ce graphe avec leurs écarts types.