

Association Universitaire Limousine pour l'Étude et
la Protection de l'Environnement

<https://www.unilim.fr/asl/index.php?id=380>

ASL N°15 | 2004



SOMMAIRE

Cressonnières naturelles du Limousin et risques de distomatose humaine à *Fasciola hepatica*.

Rondelaud D.p. 1 - 14

La végétation de la motte féodale de Drouille (Creuse).

Ghestem A., Desbordes B. et Descubes C.p. 15 - 29

Les capacités migratoires de *Galba truncatula* et d'*Omphiscola glabra* (Lymnaeidae) dans des ruisseaux sur sols acides et leurs conséquences sur la transmission de la fasciolose.

Rondelaud D., Hourdin P., Vignoles P. et Dreyfuss G.p. 30 - 39

SUMMARY

Natural watercress beds of the Limousin region and risks of human fasciolosis.

Rondelaud D.p. 1 - 14

Vegetation of the feudal motte at DROUILLE (Creuse in France).

Ghestem A., Desbordes B. et Descubes C.p. 15 - 29

The ability of *Galba truncatula* and *Omphiscola glabra* (Lymnaeidae) to upstream migrate in brooks on acid soils.

Rondelaud D., Hourdin P., Vignoles P. et Dreyfuss G.p. 30 - 39

Cressonnières naturelles du Limousin et risques de distomatose humaine à *Fasciola hepatica*

D. RONDELAUD

UPRES EA n° 3174, "Biodiversité des Digènes" (associée à l'INRA),
Facultés de Médecine et de Pharmacie, 87025 Limoges Cedex.

RÉSUMÉ.- Cinquante-neuf cressonnières naturelles du Limousin ont été suivies sur une période de 15 années (de 1990 à 2004) pour détecter la contamination du cresson par les métacercariae de *Fasciola hepatica* et vérifier la présence d'infestations naturelles par ce Digène chez les deux espèces de limnées qui colonisent ces sites en juin-juillet. Le nombre de cressonnières contaminées par les métacercariae de *F. hepatica* fluctue au cours des années (de 15 en 1994 à 32 en 1999) et la charge en larves sur les plantes est assez faible : de 2,6 à 6,3 larves vivantes en moyenne par site. La même variabilité se retrouve au niveau de l'infestation naturelle de *Galba truncatula* par *F. hepatica* car l'effectif des mollusques parasités se distribue de 11 à 42 et la prévalence de l'infestation de 1,2 à 2,4 % en fonction des années. L'infestation naturelle d'*Omphiscola glabra* par *F. hepatica* n'a été observée qu'à partir de 1996 et la prévalence s'est accrue par la suite jusqu'en 2001 (à 1,8 %), date au-delà de laquelle on observe un plateau dans les valeurs. Chez *G. truncatula*, la charge moyenne en cercariae indépendantes (de 19,3 à 78,5 larves) ne présente pas de variation significative en fonction des années. Par contre, chez *O. glabra*, on constate un accroissement significatif de cette charge depuis 1996. La contamination de ces plantations par *F. hepatica* au cours de ces 15 années se révèle identique à celle que l'auteur a notée dans les mêmes sites entre 1970 et 1986. Les seuls changements importants sont l'apparition d'un autre Digène, *Paramphistomum daubneyi*, dans ces cressonnières et la possibilité pour *O. glabra* d'assurer le développement larvaire de *F. hepatica*.

MOTS CLÉS: *Apium nodiflorum*, *Fasciola hepatica*, *Galba truncatula*, *Nasturtium officinale*, *Omphiscola glabra*, *Paramphistomum daubneyi*, cressonnières, infestations naturelles, Limousin, métacercariae, mollusques, parasitisme.

TITLE.- Natural watercress beds of the Limousin region and risks of human fasciolosis.

ABSTRACT.- A total of 59 natural watercress beds in the Limousin region was surveyed over a 15-year period (from 1990 to 2004) to detect the contamination of watercress by the metacercariae of *Fasciola hepatica* and to find the presence of natural infections with this digenea in the two species of lymnaeids which are living in these water holes in June-July. The number of beds contaminated with *F. hepatica* metacercariae varied during years (from 15 in 1994 to 32 in 1999) and the metacercarial burden on plants was low enough : a mean of 2.6 to 6.3 per bed. The same variability was also noted for natural infections of *Galba truncatula* with *F. hepatica*, as the total number of infected snails ranged from 11 to 42 and the global prevalence of infections from 1.2 to 2.4%. Natural infections of *Omphiscola glabra* with *F. hepatica* were only detected since 1996, with a subsequent increase of prevalence up to 2001 (at 1.8%) and a plateau from 2002 to 2004. In *G. truncatula*, the mean burden of free cercariae (from 19.3 to 78.5 larvae) only showed insignificant variations in relation to years. By contrast, a significant increase of this burden in relations with years was found in *O. glabra*. The contamination of these beds over the past 15 years was similar to that recorded by the author in the same sites between 1970 and 1986. The only main changes were the appearance of another digenea,

Paramphistomum daubneyi, in these beds and the possibility for *O. glabra* to naturally sustain the larval development of *F. hepatica*.

KEY WORDS : *Apium nodiflorum*, *Fasciola hepatica*, *Galba truncatula*, *Nasturtium officinale*, *Omphiscola glabra*, *Paramphistomum daubneyi*, Limousin, metacercariae, Mollusca, natural infections, parasitism, watercress beds.

INTRODUCTION

Le cresson de fontaine (*Nasturtium officinale* R. Br.) est connu depuis l'Antiquité pour ses vertus thérapeutiques comme pour sa saveur culinaire. Ces propriétés ont favorisé son expansion depuis le 12^{ème} siècle si bien que la plante fait, à l'heure actuelle, partie des espèces végétales que l'homme incorpore dans son alimentation. Qu'il soit consommé cru ou à l'état de potage, le cresson a des adeptes fervents dans toutes les régions françaises.

Le principal problème lié à la consommation de cette plante réside dans le fait qu'elle peut servir de support aux larves (métacercariae) d'un parasite, *Fasciola hepatica* L. Cet état de fait a conduit les législateurs à prendre des mesures pour assurer la salubrité de la plante lorsqu'elle est cultivée à des fins commerciales (circulaire ministérielle du 24 mai 1964, puis circulaire du 7 août 1978). Les bottes vendues au public doivent être munies d'un lien indiquant le nom de l'exploitant, son adresse et la date du dernier contrôle effectué par les Services Vétérinaires.

Cependant, dans des régions comme le Limousin où le cresson pousse spontanément dans des points d'eau pourvus qu'ils soient en eau courante, certains consommateurs n'hésitent à cueillir la plante dans le milieu naturel, même s'ils sont au courant des risques qu'ils encourent en mangeant du cresson "sauvage", non contrôlé sur le plan sanitaire. Il en résulte des cas humains de fasciolose. C'est ainsi que Gaillet (1983), Gaillet *et al.* (1983) répertorient 8.898 cas de distomatose hépatique sur le territoire français, depuis 1950 jusqu'en 1982. Dans la région du Limousin, l'effectif des patients atteints par la parasitose est plus faible : 860 personnes au total entre 1955 et 2000 (Rondelaud *et al.*, 2000).

Comme les cressonnières naturelles, de par la loi, ne sont pas soumises à l'obligation de salubrité, aucun examen bactériologique ou parasitologique n'est réalisé dans ces sites, sauf si le propriétaire (particuliers ou communes) le demande. Il en résulte un risque potentiel important car ces plantations sont fréquemment colonisées par le mollusque aquatique (*Galba truncatula* O.F. Müll.) qui intervient comme hôte intermédiaire dans le cycle du parasite. Devant cet état de fait, une étude épidémiologique a été entreprise depuis 1970 par notre groupe sur un échantillon de 59 cressonnières naturelles afin de déterminer l'amplitude des risques sur le plan de la santé publique. Deux rapports antérieurs (Rondelaud, 1991 ; Rondelaud *et al.*, 2000) ont ainsi montré que la contamination de ces cressonnières par *F. hepatica* est souvent irrégulière dans le temps, avec des intervalles moyens de 3 à 9 années entre deux infestations successives des mollusques par le parasite.

Malgré ces études préliminaires, il reste encore des inconnues sur le plan parasitologique. C'est ainsi que Rondelaud et Mage (1990) rapportent que le nombre de métacercariae sur ce cresson naturel est faible : 0,9 en moyenne par cressonnière (limites : 0-37) sur une période comprise entre 1970 et 1979. De même, les informations sur la prévalence de l'infestation

naturelle chez les mollusques sont encore peu nombreuses. D'après Rondelaud (1991), les pourcentages se distribuent entre 0,5 et 5,4 % lorsque les habitats sont colonisés par la seule Limnée tronquée alors qu'ils vont de 14 à 66 % dans le cas de communautés mixtes (*G. truncatula* + *Omphiscola glabra* O.F. Müll.) en raison du faible nombre de *G. truncatula* dans ces sites.

Devant cet état de fait, il nous a paru utile de déterminer les changements qui se sont produits dans ces cressonnières naturelles sur les 15 dernières années en raison de deux événements majeurs. Le premier est la découverte de métacercaires d'un autre Digène, *Paramphistomum daubneyi* Dinnik, sur le cresson depuis 1993 car ce parasite utilise le même hôte définitif (bovins) et le même mollusque hôte que *F. hepatica* pour accomplir son cycle évolutif (Mage *et al.*, 2002). Le second est la détection d'*O. glabra* naturellement parasités avec *F. hepatica* depuis l'année 1996 (Rondelaud et Barthe, 1999). C'est la raison pour laquelle nous nous sommes proposé de réaliser une étude rétrospective sur ces 15 années afin de répondre aux trois questions suivantes : *i*) Combien de métacercaires (pour chaque espèce de Digène) peut-on retrouver sur ce cresson lors de l'examen annuel de la plante (en juin-juillet) ? *ii*) Quelles sont les perturbations dans les prévalences de l'infestation naturelle par *F. hepatica* chez les deux limnées ? et *iii*) Combien de cercaires ces mollusques peuvent-ils libérer dans le milieu naturel ?

MATERIEL ET METHODES

1. Les cressonnières étudiées.

La figure 1 (page suivante) indique la localisation des 59 cressonnières qui ont été retenues pour cette étude. Toutes ces plantations sont à l'origine d'un ou de plusieurs cas de fasciolose humaine survenus entre 1965 et 1987. Le sédiment est sablo-vaseux et repose sur du granite (27 sites), de la diorite (11), des gneiss (4) ou des migmatites (17). Il en résulte que l'eau de ruissellement a un pH compris entre 5,5 et 6,9, avec une concentration en ions calcium dissous se distribuant de 5 à 15 mg/L (Rondelaud, 1991). Les cressonnières se situent au point d'émergence d'une source (17 cas), dans une mare alimentée par une source permanente (27 cas), sur le cours d'un ruisseau (3 cas) ou encore sur celui d'un fossé de drainage superficiel, alimenté en eau courante par une source située en amont (12 cas). Toutes ces cressonnières sont isolées par des clôtures du bétail et des grands mammifères sauvages. Leur superficie ne dépasse pas les 12 m².

En dehors de *Nasturtium officinale*, les autres végétaux aquatiques sont essentiellement représentés par *Apium nodiflorum* (L.) Lag. (= *Helosciadium nodiflorum* (L.) Koch) et *Callitriche* sp. Les Gastéropodes aquatiques présents dans les cressonnières en juin-juillet sont *G. truncatula* (47 stations) ou un peuplement mixte associant *G. truncatula* et *O. glabra* (les 12 autres). Mais, en réalité, les deux espèces de limnées sont présentes sur les rigoles d'écoulement naturel de l'eau (en provenance des sources ou des mares), sur les ruisselets ou les fossés de drainage si bien que le peuplement dans chaque cressonnière change parfois de composition d'une année à l'autre en fonction de l'aptitude de chaque limnée pour remonter en hiver vers les sources situées plus en amont.

Figure 1. Localisation géographique des 59 cressonnières naturelles dans les trois départements du Limousin.

2. Protocole des investigations.

Les prélèvements de plantes et de limnées ont été réalisés dans chaque cressonnière en juin ou juillet. Cette période a été choisie pour les deux raisons suivantes : *i*) l'eau courante est présente dans toutes les stations à cette époque, et *ii*) les plants de *N. officinale* issus de la pousse hivernale sont porteurs des métacercaires fournies par les limnées transhivernantes (en février ou mars) comme de celles provenant des mollusques de la génération de printemps.

Dans chaque cressonnière, dix plants pour chaque espèce (*A. nodiflorum* ou *N. officinale*) sont récoltés à la périphérie de la masse végétale. Pour chaque plant, on conserve la partie submergée (en dehors des racines) et celle qui est émergée. Les échantillons retenus pour l'étude sont alors ensachés et étiquetés en tenant compte de la cressonnière et de l'espèce végétale. Au laboratoire, chaque plant est examiné sous une loupe binoculaire (au grossissement x 16) pour y rechercher les métacercaires de *F. hepatica*, de *P. daubneyi* ou encore celles d'autres Digènes. Les larves enkystées de la première espèce se reconnaissent à leur forme en dôme (diamètre moyen, 250 µm) et à leur couleur uniforme, jaunâtre ou jaune foncée (selon leur âge). Celles du second parasite ont les mêmes caractéristiques mais elles sont de couleur gris noirâtre et légèrement réfringentes. Quant aux autres Digènes, les métacercaires sont reconnues en fonction de leur taille et de leur couleur, mais l'espèce n'a parfois pas pu être identifiée dans le cadre de ce travail.

Selon l'effectif de chaque population, on prélève un nombre variable de limnées adultes (4 mm et plus de hauteur) dans le cas de *G. truncatula*. Par contre, comme les colonies d'*O. glabra* sont plus abondantes, le nombre de mollusques adultes récoltés (à partir de 8 mm) est plus important : de 30 à 40 par cressonnière jusqu'en 1993 et 60 à partir de 1994. Le choix de ces tailles repose sur le fait que ce sont les adultes qui sont le plus souvent parasités par des Digènes. Ces mollusques sont alors transportés au laboratoire sous des conditions isothermes (16° C) et à l'obscurité. L'examen de chaque limnée s'effectue sous loupe binoculaire, en pratiquant un écrasement de l'animal à partir de la face dorsale du dernier tour de spire à l'aide de deux pinces fines (technique du squash) et en dilacérant la paroi externe du tortillon pour libérer les formes larvaires de Digènes (lorsque celles-ci sont présentes). Celles de *F. hepatica* se reconnaissent aux rédies à tégument externe transparent (lorsqu'elles sont vivantes et matures), avec un intestin noir et un contenu blanc brillant (tout au moins pour les procercaires et les cercaires) tandis que les cercaires ont un corps hémisphérique blanc et une nage assez rapide. Les rédies de *P. daubneyi* sont de petite taille, avec un petit intestin gris et leurs masses germinatives sortent précocement au stade procercaire dans la cavité viscérale du mollusque. Les cercaires sont aisément identifiables en raison de leur couleur jaune noirâtre et de leur nage très lente.

3. Paramètres étudiés.

Dans le cas des plantes, le premier paramètre est le nombre de cressonnières contaminées par les métacercaires de *F. hepatica* ou par celles de *P. daubneyi*. Le nombre des larves enkystées a été également considéré dans ce travail. Les valeurs individuelles obtenues pour ce dernier paramètre ont été ramenées à des moyennes, encadrées chacune d'un écart type, en tenant compte de l'espèce du Digène (*F. hepatica*, ou *P. daubneyi*) et de l'année de prospection. Une analyse de variance à deux facteurs (Stat-Itcf, 1988) a été utilisée pour déterminer les niveaux de signification statistique.

Le premier paramètre, dans le cas des mollusques, est le nombre de plantations dans lesquelles des formes larvaires de Digènes ont été trouvées. Les trois autres se rapportent *i)* à la prévalence annuelle de ces infestations chez chaque espèce de limnée, *ii)* à la même prévalence, mais calculée pour chaque cressonnière contenant des mollusques parasités et *iii)* au nombre de cercaires indépendantes capables de nager lorsque la dissection est effectuée. Les valeurs individuelles obtenues pour les deux derniers paramètres ont été centrées et leurs écarts types calculés en tenant compte de l'espèce du Digène, du mollusque et de l'année. Le test des corrélations de Spearman et une analyse de variance à deux facteurs (Stat-Itcf, 1988) ont été employés pour déterminer la signification des résultats obtenus.

RÉSULTATS

1. Investigations sur les plantes aquatiques.

Année	Métacercaires de <i>Fasciola hepatica</i>		Métacercaires de <i>Paramphistomum daubneyi</i>		Métacercaires d'autres Digènes *	
	Nombre total de larves (nombre de sites)	Nombre de larves par site : $m \pm \sigma$	Nombre total de larves (nombre de sites)	Nombre de larves par site : $m \pm \sigma$	Nombre de sites	Nombre total de larves
1990	105 (21)	5,0 ± 3,7	0	0	1	1
1991	70 (17)	4,1 ± 2,4	0	0	0	0
1992	76 (29)	2,6 ± 2,8	0	0	1	3
1993	91 (26)	3,5 ± 4,2	3 (1)	3	0	0
1994	95 (15)	6,3 ± 5,8	11 (1)	11	0	0
1995	177 (37)	3,4 ± 3,1	14 (2)	14	0	0
1996	135 (27)	2,6 ± 2,4	21 (3)	7,0 ± 5,7	1	3
1997	198 (24)	3,8 ± 4,4	32 (5)	6,4 ± 4,8	2	6
1998	151 (28)	2,9 ± 2,6	76 (9)	8,4 ± 6,0	1	1
1999	241 (32)	4,6 ± 3,5	102 (13)	7,8 ± 5,1	0	0
2000	213 (17)	4,0 ± 2,1	145 (25)	5,8 ± 3,7	1	3
2001	176 (27)	3,3 ± 3,0	178 (29)	6,1 ± 5,9	0	0
2002	145 (29)	2,7 ± 2,1	203 (32)	6,3 ± 6,8	0	0
2003	187 (24)	3,5 ± 1,5	256 (45)	5,6 ± 4,4	1	2
2004	202 (28)	3,9 ± 2,4	237 (41)	5,7 ± 3,6	1	2

* *Notocotylus* sp. : 11. Métacercaires orangées (espèce non identifiée) : 7. Métacercaires d'un vert foncé (espèce non identifiée) : 2.

Tableau I. La contamination des cressonnières du Limousin par plusieurs Digènes au cours des 15 dernières années. Les résultats proviennent de l'examen de 20 spécimens (10 pour *Nasturtium officinale* + 10 pour *Apium nodiflorum*) récoltés dans chaque plantation en juin ou juillet. Nombre total de cressonnières visitées : 59. m, moyenne. σ , écart type.

Le tableau I présente la distribution des 59 cressonnières en fonction de leur contamination par *F. hepatica* ou celle d'autres Digènes au cours des 15 dernières années (1990-2004). Les résultats ne tiennent pas compte de la plante (*A. nodiflorum*, ou *N. officinale*) sur laquelle les métacercaires se sont fixées.

Le nombre de cressonnières contaminées par les métacercaires de *F. hepatica* fluctue au cours des années puisqu'il passe de 15 en 1994 à 32 en 1999. La charge en larves enkystées sur les plantes reste assez faible : de 2,6 à 6,3 en moyenne par site. Les métacercaires de *P. daubneyi* n'ont été observées dans les cressonnières qu'à partir de 1993. Mais le nombre des sites contaminés par ce parasite a fortement augmenté par la suite car il est passé de deux cressonnières en 1995 à 45 en 2003. La charge moyenne de ces larves est plus élevée que dans le cas de *F. hepatica* (5,6 à 8,4 par site au lieu de 2,6 à 6,3). Trois autres types de métacercaires (dont celles de *Notocotylus* sp.) ont été observés dans quelques cressonnières. Mais leur nombre est toujours faible comme le montre le tableau I.

La comparaison des chiffres obtenus pour *F. hepatica* et *P. daubneyi* en fonction des années par l'analyse de variance montre que la charge moyenne en métacercaires est significativement plus élevée dans le cas du second Digène ($F = 4,18$; $P < 5\%$). Par contre, le facteur année n'a pas d'influence sur la distribution de ces moyennes, quelle que soit l'espèce du parasite.

Une étude plus détaillée a été réalisée en considérant la plante sur laquelle les métacercaires se sont fixées. Dans le cas de *F. hepatica*, la distribution des larves sur *N. officinale* est assez voisine de celle sur *A. nodiflorum* (1165 sur le cresson, soit 51,5 %, au lieu de 1097 sur *Apium*, soit 48,4 %). Par contre, celles de *P. daubneyi* s'observent plus fréquemment sur le cresson (1056 larves, soit 82,6 %, au lieu de 222 sur *Apium*, soit 17,3 %). Quant aux métacercaires des autres Digènes, leur distribution varie selon l'espèce : 9 larves sur le cresson (sur 11) pour *Notocotylus* sp., 6 métacercaires orangées (sur 7) et les deux larves d'un vert foncé sur *Apium*.

2. Investigations chez *Galba truncatula*.

Le tableau II (page suivante) répertorie les prévalences des infestations naturelles avec *F. hepatica* ou *P. daubneyi* chez les limnées récoltées dans les 59 cressonnières au cours des 15 dernières années. Nous y avons, également, indiqué le nombre de limnées parasitées par des Digènes autres que les deux espèces précitées.

Le nombre de limnées adultes récoltées varie d'une année à l'autre car il dépend de l'effectif de chaque population. Dans le cadre de ce travail, les effectifs varient de 834 mollusques (en 2002) à 1712 (en 1998). Sur cet échantillonnage de 19.249 limnées, 346 au total (soit 1,7 %) ont présenté des formes larvaires de *F. hepatica*. La distribution par année montre que l'effectif de ces mollusques parasités se distribue de 11 à 42 et que la prévalence de l'infestation naturelle fluctue de 1,2 à 2,4 %. Dans le cas de *P. daubneyi*, on constate, comme pour les métacercaires, un accroissement net du nombre des limnées infestées et de la prévalence correspondante à partir de 1993. C'est ainsi que l'effectif des mollusques porteurs de formes larvaires passe par un pic en 2002 (à 62 *G. truncatula*, soit 7,4 %). Six autres Digènes : *Echinostoma* sp., *Haplometra cylindracea*, *Notocotylus* sp., plus trois espèces non identifiées, ont été également trouvés chez ces limnées.

Année	Nombre total de limnées récoltées	<i>Fasciola hepatica</i>		<i>Paramphistomum daubneyi</i>		Nombre de limnées avec d'autres Digènes *
		Nombre total de limnées parasitées (prévalence en %)	Prévalence en % par site contenant des limnées infestées: $m \pm \sigma$	Nombre total de limnées parasitées (prévalence en %)	Prévalence en % par site contenant des limnées infestées: $m \pm \sigma$	
1990	1321	24 (1,8)	3,4 ± 1,5	0	0	0
1991	1560	25 (1,6)	2,7 ± 0,8	0	0	4
1992	981	19 (1,9)	3,8 ± 1,7	0	0	2
1993	1159	26 (2,2)	2,3 ± 1,0	1 (0,08)	1,6	7
1994	1466	18 (1,2)	2,5 ± 1,4	7 (0,4)	2,3 ± 1,2	1
1995	1682	29 (1,7)	2,9 ± 1,8	9 (0,5)	1,2 ± 0,8	4
1996	1511	25 (1,6)	3,1 ± 2,2	6 (0,3)	1,5 ± 0,7	4
1997	1318	26 (1,9)	3,7 ± 2,4	17 (1,2)	2,4 ± 1,1	2
1998	1712	42 (2,4)	2,8 ± 1,2	22 (1,2)	2,0 ± 1,7	1
1999	1377	23 (1,6)	2,5 ± 1,3	29 (2,1)	1,5 ± 0,9	6
2000	856	17 (1,9)	3,4 ± 2,5	44 (5,1)	1,9 ± 1,3	3
2001	1072	17 (1,5)	2,8 ± 1,3	57 (5,3)	1,7 ± 1,7	2
2002	834	11 (1,2)	3,6 ± 2,1	62 (7,4)	1,2 ± 1,0	4
2003	1534	30 (1,9)	3,3 ± 2,4	45 (2,9)	1,1 ± 0,6	5
2004	866	14 (1,6)	3,5 ± 1,3	37 (4,2)	1,5 ± 0,4	6
Totaux	19.249	346 (1,7)	3,0 ± 1,7	334 (1,7)	1,3 ± 0,8	51

* *Echinostoma* sp. : 7. *Haplometra cylindracea* : 33. *Notocotylus* sp. : 4. Digène à formes larvaires orangées (espèce non identifiée) : 4. Digène à xiphidiocercaires (espèce non identifiée) : 2. Digène à cercaires de type échinostome (espèce non identifiée) : 1.

Tableau II. L'infestation naturelle de *Galba truncatula* par plusieurs Digènes au cours des quinze dernières années.

Si l'on considère les résultats en fonction des cressonnières dans lesquelles des limnées ont été trouvées parasitées, on constate que la prévalence de l'infestation par site varie de 2,3 à 3,7 % dans le cas de *F. hepatica* et seulement de 1,1 à 2,4 % dans le cas de *P. daubneyi*. Ces faibles pourcentages dans le cas du paramphistome s'expliquent aisément par le nombre important de cressonnières présentant des mollusques parasités : de 34 à 48 entre 2001 et 2004 (résultats non représentés).

Dans le cas de *F. hepatica*, il n'y a pas de corrélation significative entre la prévalence globale de l'infestation et les années. Par contre, il existe une corrélation nette ($r_s = 0,75$; $P < 5$ %) entre l'accroissement de la prévalence au fur et à mesure des années pour *P. daubneyi*. L'analyse des prévalences recueillies dans les cressonnières où les limnées étaient parasitées montre que le facteur Digène a un effet significatif ($F = 4,41$; $P < 5$ %) sur ces pourcentages alors que le facteur année n'a pas d'influence, quelle que soit l'espèce du parasite.

Il est intéressant de noter ici que sept *G. truncatula* étaient doublement infestés par *F. hepatica* et *P. daubneyi* en 2002 (2 mollusques), en 2003 (4 individus) et en 2004 (1).

3. Investigations chez *Omphiscola glabra*.

Année	Nombre total de limnées récoltées	<i>Fasciola hepatica</i>		<i>Paramphistomum daubneyi</i>		Nombre de limnées avec d'autres Digènes *
		Nombre total de limnées parasitées (prévalence en %)	Prévalence en % par site contenant des limnées infestées: $m \pm \sigma$	Nombre total de limnées parasitées (prévalence en %)	Prévalence en % par site contenant des limnées infestées: $m \pm \sigma$	
1990	465	0	0	0	0	0
1991	489	0	0	0	0	1
1992	381	0	0	0	0	0
1993	424	0	0	0	0	0
1994	960	0	0	0	0	1
1995	1020	0	0	1 (0,1)	1,6	1
1996	900	1 (1,1)	1,6	1 (0,1)	1,6	2
1997	1080	5 (0,4)	1,6 ± 0,8	4 (0,3)	1,3 ± 0,7	4
1998	1020	11 (1,0)	3,6 ± 1,2	7 (0,6)	2,3 ± 0,9	3
1999	960	14 (1,4)	7,0 ± 2,5	9 (0,9)	2,2 ± 0,9	2
2000	1140	17 (1,4)	4,2 ± 1,5	11 (0,9)	2,2 ± 1,3	3
2001	1020	19 (1,8)	6,3 ± 1,8	12 (1,1)	3,0 ± 1,1	1
2002	960	14 (1,4)	4,6 ± 2,1	17 (1,7)	3,4 ± 1,0	3
2003	1200	22 (1,8)	4,4 ± 2,0	15 (1,2)	3,0 ± 0,6	1
2004	1020	18 (1,7)	6,0 ± 2,3	21 (2,0)	3,0 ± 0,7	0
Totaux	13.039	121 (0,9)	4,3 ± 1,3	98 (0,7)	2,3 ± 0,8	22

* *Haplometra cylindracea* : 14. Digène à xiphidiocercaires (espèce non identifiée) : 5. Digène à cercaires de type échinostome (espèce non identifiée) : 3.

Tableau III. L'infestation naturelle d'*Omphiscola glabra* par plusieurs Digènes au cours des quinze dernières années.

L'infestation naturelle d'*O. glabra* par *F. hepatica* (Tableau III) n'a été observée qu'à partir de 1996 et la prévalence s'est accrue par la suite jusqu'en 2001 (à 1,8 %), date au-delà de laquelle on observe un plateau dans les valeurs. Les premières limnées parasitées par *P. daubneyi* ont été notées en 1995 et le taux correspondant de l'infestation a augmenté sensiblement au fur des années pour atteindre la valeur de 2 % en 2004. Trois autres espèces de Digènes (dont *Haplometra cylindracea*) ont également été observées chez cette limnée comme le montre le tableau III.

Si l'on calcule la prévalence par rapport au nombre de cressonnières dans lesquelles des *O. glabra* parasités ont été trouvés, on remarque que les pourcentages s'accroissent dans le temps pour atteindre 6,0 % dans le cas de *F. hepatica* et seulement 3,0 % dans le cas de *P. daubneyi*.

Il n'y a pas de corrélations significatives entre les prévalences globales des infestations naturelles et le temps, quelle que soit l'espèce du Digène. Par contre, dans le cas des pourcentages notés pour les sites, le facteur Digène ($F = 4,35$; $P < 5\%$) comme le facteur année ($F = 3,58$; $P < 5\%$) ont une influence nette sur ces valeurs en raison de l'accroissement que l'on observe à partir de 1995 ou de 1996.

4. Etude comparative de la charge cercarienne chez les deux limnées.

Années	Cercaires indépendantes de <i>Fasciola hepatica</i> : $m \pm \sigma$		Cercaires indépendantes de <i>Paramphistomum daubneyi</i> : $m \pm \sigma$	
	<i>Galba truncatula</i>	<i>Omphiscola glabra</i>	<i>G. truncatula</i>	<i>O. glabra</i>
1990	65,0 ± 13,2	0	47,8 ± 34,9	0
1991	47,3 ± 22,9	0	57,9 ± 22,8	0
1992	78,5 ± 39,8	0	31,6 ± 42,7	0
1993	53,8 ± 17,3	0	56,4 ± 18,3	0
1994	31,7 ± 27,9	0	87,4 ± 14,5	0
1995	54,3 ± 19,7	0	34,6 ± 21,9	17
1996	29,6 ± 32,5	12	54,9 ± 32,7	21
1997	47,8 ± 21,8	14,7 ± 8,50	38,1 ± 24,0	45,4 ± 21,3
1998	62,7 ± 32,7	22,9 ± 17,6	15,8 ± 24,3	65,3 ± 17,9
1999	44,3 ± 31,8	34,7 ± 17,2	36,9 ± 31,8	49,3 ± 23,5
2000	19,3 ± 23,7	31,6 ± 26,8	45,0 ± 32,9	58,6 ± 27,1
2001	52,8 ± 31,0	41,3 ± 28,6	34,9 ± 27,3	69,3 ± 42,5
2002	43,1 ± 19,2	33,2 ± 12,8	57,3 ± 32,8	56,4 ± 34,2
2003	34,5 ± 27,3	27,6 ± 18,3	21,7 ± 24,3	86,2 ± 23,7
2004	33,5 ± 24,8	23,4 ± 22,8	47,2 ± 14,9	74,0 ± 21,8

Tableau IV. *Fasciola hepatica* et *Paramphistomum daubneyi* : la charge en cercaires indépendantes retrouvée chez *Galba truncatula* et chez *Omphiscola glabra* lors de leur dissection. m, moyenne. σ , écart type.

Le tableau IV récapitule les charges en cercaires indépendantes trouvées dans le corps des *G. truncatula* et des *O. glabra* lors de leur dissection.

Dans le cas de *F. hepatica*, les charges moyennes notées chez *G. truncatula* se distribuent entre 19,3 et 78,5 cercaires par mollusque et ne présentent pas de variation significative en fonction des années. Celles de *P. daubneyi* sont significativement plus élevées ($F = 5,67$; $P < 1\%$) que celles de l'autre Digène. Mais, comme lui, il n'y a pas de variation significative au cours de la période d'étude.

Si l'on considère *O. glabra*, on constate un accroissement de la charge cercarienne au

fur et à mesure des années. C'est ainsi qu'il existe une corrélation positive ($r_s = 0,87$; $P < 5\%$) entre cette augmentation et le temps qui s'écoule à partir de 1996 dans le cas de *F. hepatica*. Une remarque similaire peut être formulée dans le cas de *P. daubneyi* : la corrélation entre les deux paramètres est significative au seuil de 1 % ($r_s = 0,86$). La comparaison des charges cercariennes chez cette limnée montre que celles de *P. daubneyi* sont significativement plus élevées en nombre ($F = 13,2$; $P < 1\%$).

Années	Nombre de cressonnières avec des			
	Métacercaires de <i>Fasciola hepatica</i>	<i>Galba truncatula</i> naturellement infestés par <i>F. hepatica</i>	<i>Omphiscola glabra</i> naturellement infestés par <i>F. hepatica</i>	Métacercaires et limnées infestées (au total)
1990	21	7	0	22
1991	17	9	0	19
1992	29	5	0	31
1993	26	11	0	32
1994	15	7	0	22
1995	37	10	0	38
1996	27	8	1	30
1997	24	7	3	26
1998	28	15	3	32
1999	32	9	2	35
2000	17	5	4	22
2001	27	6	3	23
2002	29	3	3	30
2003	24	9	5	26
2004	28	4	3	31

Tableau V. La distribution des 59 cressonnières naturelles par rapport aux métacercaires de *Fasciola hepatica* et aux limnées parasitées par ce Digène sur les 15 dernières années.

DISCUSSION

Le tableau V récapitule les 59 cressonnières en fonction des métacercaires trouvées sur les plantes aquatiques et des infestations naturelles avec *F. hepatica* constatées chez les limnées. Comme on peut le constater à la lecture de ce tableau, l'emploi des deux techniques : recherche des métacercaires et infestations naturelles de mollusques, sont complémentaires car le nombre total de plantations contaminées est supérieur à celui des sites avec des plantes contaminées par les larves de *F. hepatica* alors qu'il est inférieur à l'effectif total des cressonnières présentant des métacercaires sur les végétaux aquatiques et des infestations naturelles de mollusques. C'est ainsi qu'au cours de l'année 2004, 31 sites étaient contaminés par le parasite alors que 28 d'entre eux présentaient des métacercaires et 7 des infestations naturelles chez les limnées. La recherche des métacercaires sur le cresson ou le faux cresson est donc d'une importance capitale pour affirmer la contamination d'une cressonnière, même si, comme l'affirment Rondelaud et Mage (1990), ce travail est fastidieux et aboutit souvent

au recensement d'un faible nombre de métacercaires vivantes sur les plantes étudiées.

La comparaison des chiffres présentés ci-dessus pour *F. hepatica* avec les données de la littérature est assez difficile à réaliser car aucun auteur, à notre connaissance, n'a étudié la charge en métacercaires sur le cresson, ni la prévalence des infestations naturelles chez les limnées dans ces sites. Le nombre de métacercaires retrouvées sur le cresson ou le faux cresson dans la présente étude est toujours assez faible et ce résultat concorde avec les premières données que Rondelaud et Mage (1990) ont rapportées dans leur note. Les pourcentages assez proches, notés pour le choix de l'espèce végétale par les métacercaires, démontrent que ces dernières n'ont pas de tropisme pour l'une ou l'autre de ces deux plantes. Les infestations naturelles de *G. truncatula* par *F. hepatica* sont, de même, faibles (1,7 % de mollusques parasités en moyenne) et la prévalence est voisine de celle fournie par les auteurs précités dans leur rapport (1,8 % entre 1970 et 1986). Cet état de fait montre que le risque de la fasciolose est bien présent dans ces cressonnières naturelles, même si toutes ne sont contaminées tous les ans par *F. hepatica*.

Le principal changement survenu dans ces cressonnières naturelles depuis 1990 est l'apparition de *P. daubneyi*, aussi bien sur le cresson que chez les limnées. La prévalence de cette parasitose chez les bovins s'est accrue régulièrement depuis les années 1990 pour toucher 44,7 % des animaux en 1999 dans le département de la Corrèze (Mage *et al.*, 2002) et il est normal que ce parasite soit trouvé ultérieurement dans les cressonnières car la plupart d'entre elles reçoivent les eaux de ruissellement des prairies proches. La survenue de cette parasitose aurait, à notre avis, eu un impact sur *O. glabra* en permettant son infestation par *F. hepatica*. En effet, d'après Kendall (1950) et Boray (1978), cette limnée ne peut s'infester par ce Digène que si elle est exposée aux miracidiums dans ses premiers jours de vie. Par contre, cette infestation est possible chez des mollusques préadultes lorsque l'espèce est soumise à des expositions simultanées avec *P. daubneyi* et *F. hepatica*, le premier Digène facilitant le développement larvaire du second chez la limnée (Abrous *et al.*, 1996 ; Augot *et al.*, 1996). Cette hypothèse s'appuie *i)* sur la découverte de plusieurs *G. truncatula* co-infestés par l'un et l'autre Digènes dans la présente étude, et *ii)* sur l'accroissement des prévalences et de la charge en cercaires indépendantes que l'on observe chez *O. glabra* depuis 1996. Ce dernier point suggère une adaptation progressive de *F. hepatica* à cette limnée, comme Boray (1969) l'a démontré pour plusieurs espèces de Lymnaeidae lorsqu'elles sont exposées de manière régulière aux miracidiums de *F. hepatica*.

Devant cette situation, que faut-il faire pour limiter le risque de la fasciolose chez l'homme car un certain nombre de personnes de la région Limousin sont de gros consommateurs de cresson et le récoltent dans ce type de cressonnières (il est gratuit !) au lieu de l'acheter dans des exploitations de culture commerciale ou leurs réseaux de distribution (Rondelaud, 1980). L'information du public sur les dangers du cresson naturel, comme certains auteurs l'ont suggéré (Ricou, 1966 ; Denis *et al.*, 1996, par exemple), s'est toujours heurtée à un refus poli de la part des médias ou à un certain fatalisme de la part des consommateurs de cresson naturel, ces derniers assurant que la maladie n'atteint que les autres. Le comble du ridicule réside même dans le fait que 15 cressonnières de la Corrèze et de la Haute-Vienne sont à l'origine de contaminations humaines multiples, espacées dans le temps (Du Crest, 2003), la principale cause pouvant être l'absence d'information sur la fasciolose ou la perte de celle-ci lors de l'achat des cressonnières responsables par plusieurs propriétaires successifs.

Malgré la situation actuelle, il nous paraît intéressant d'attirer l'attention des professionnels de la santé sur *P. daubneyi*. Comme cette étude le démontre, on trouve de plus en plus

de métacercaires sur le cresson ou d'infestations naturelles chez les limnées. Ces larves sont ingérées avec le cresson par les personnes qui récoltent la plante directement dans le milieu naturel et on peut se demander si le parasite ne pourrait pas se développer sous sa forme adulte dans l'estomac de l'homme. Une attention particulière sur ce point doit être assurée dans les années à venir par les cliniciens afin d'éviter que cette parasitose n'effectue éventuellement, si elle se développe chez l'homme, le bloom qu'elle a déjà réalisé chez les bovins de la Corrèze entre 1990 et 2000 (Mage *et al.*, 2002).

REMERCIEMENTS

Le travail présenté dans cet article correspond à la synthèse finale d'une étude épidémiologique que l'auteur a menée depuis 35 ans sur les cressonnières naturelles du Limousin. L'auteur remercie les étudiants qui l'ont aidé dans les prospections depuis 1990 (Melles Auguste, Dubreuil, Du Crest, Meynier et Perrinet ; MM Alarion, Brun, Jaouen et Vennat), les propriétaires de ces plantations naturelles (particuliers ou communes) pour les facilités qu'ils ont mises à sa disposition et les membres de l'UPRES EA n° 3174 pour leur aide dans l'analyse des résultats.

BIBLIOGRAPHIE

- ABROUS M., RONDELAUD D. & DREYFUSS G., 1996.- *Paramphistomum daubneyi* and *Fasciola hepatica*: the effect of dual infection on prevalence and cercarial shedding in preadult *Lymnaea glabra*. *J. Parasitol.*, **82**, 1026-1029.
- AUGOT D., ABROUS M., RONDELAUD D. & DREYFUSS G., 1996.- *Paramphistomum daubneyi* and *Fasciola hepatica* : the redial burden and cercarial shedding in *Lymnaea truncatula* submitted to successive unimiracidial cross-exposures. *Parasitol. Res.*, **82**, 623-627.
- BORAY J.C., 1969.- Experimental fascioliasis in Australia. *Adv. Parasitol.*, **7**, 95-210.
- BORAY J.C., 1978.- The potential impact of exotic *Lymnaea* spp. on fascioliasis in Australasia. *Vet. Parasitol.*, **4**, 127-141.
- DENIS C., RONDELAUD D. & DARDÉ M.L., 1996.- Douve du foie. Un réservoir animal de parasites très important. *La Revue du Praticien*, n° 232, 31-37.
- DU CREST A., 2003.- *Fasciola hepatica* : étude de 15 cressonnières à contaminations humaines multiples. Rapport de stage, MSBM : Pathologie tropicale et santé internationale, Limoges, 14 p.
- GAILLET, P., 1983.- Contribution à l'étude épidémiologique de la distomatose humaine à *Fasciola hepatica* en France métropolitaine depuis 1956. A propos de quelque 10.000 cas. Thèse Doct. Médecine, Paris-Créteil, n° 32, 151 p.
- GAILLET P., LIANCE M., RIVOLLET D. & HOUIN R., 1983.- Situation de la fasciolose humaine en France. Enquête rétrospective portant sur les 30 dernières années. *Bull. Soc.*

Fr. Parasitol., **1**, 79-82.

KENDALL S.B., 1950.- Snail hosts of *Fasciola hepatica* in Britain. *J. Helminthol.*, **24** : 63-74.

MAGE C., BOURGNE H., TOULLIEU J.M., RONDELAUD D. & DREYFUSS G., 2002.- *Fasciola hepatica* and *Paramphistomum daubneyi*: changes in prevalences of natural infections in cattle and in *Lymnaea truncatula* from central France over the past 12 years. *Vet. Res.*, **33**, 439-447.

RICOU G., 1966.- Les mesures prises en France. *In* : Colloque d'information scientifique sur les animaux nuisibles dans les cressonnières, Gembloux, le 18 mai 1966. Centre de Recherches Agronomiques de l'Etat, Gembloux, 68-74.

RONDELAUD D., 1980.- Données épidémiologiques sur la distomatose humaine à *Fasciola hepatica* L. dans la région du Limousin, France. Les plantes consommées et les limnées vectrices. *Ann. Parasitol. Hum. Comp.*, **55**, 393-405.

RONDELAUD D., 1991.- Les cressonnières naturelles du Limousin et leur contamination par *Fasciola hepatica* L. Bilan d'une enquête de 20 années. *Ann. Sci. Limousin*, **7**, 3-14.

RONDELAUD D. & DREYFUSS G., 1999.- L'infestation naturelle de *Lymnaea glabra* par *Fasciola hepatica* dans deux cressonnières naturelles de la Haute-Vienne. *Bull. Soc. Fr. Parasitol.*, **16**, 291-297.

RONDELAUD D. & MAGE C., 1990.- La fasciolose humaine et les cressonnières. *Point Vét.*, **21**, 899-903.

RONDELAUD D., DREYFUSS G., BOUTEILLE B. & DARDÉ M.L., 2000.- Changes in human fasciolosis in a temperate area. About some observations over a 28-year period in central France. *Parasitol. Res.*, **86**, 753-757.

STAT-ITCF, 1988. Manuel d'utilisation. Institut technique des céréales et des fourrages, Service des études statistiques, Boigneville, 210 p.

La végétation de la motte féodale de DROUILLE (Creuse)

A. GHESTEM, B. DESBORDES et C. DESCUBES

*Laboratoire de Botanique et Cryptogamie - Faculté de Pharmacie –
2, rue du Docteur Marcland - 87025 LIMOGES Cedex*

RESUME.- Les auteurs mettent en évidence la spécificité de la flore d'un site archéologique du haut Moyen Age : une motte féodale.

Pour cela, ils analysent précisément la végétation dans diverses stations du site et la comparent à un témoin choisi dans un environnement proche.

Puis, ils confirment l'originalité de la flore par l'analyse pédochimique comparative des substrats dans le site et hors du site.

MOTS CLES : archéologie, motte féodale ou castrale, spécificité de la flore, phytoécologie, pédochimie.

TITLE.- *Vegetation of the feudal motte at DROUILLE (Creuse in France)*

ABSTRACT.-The authors described specific flora of an archeologic site dating from high middle ages : a feudal motte.

For that, they precisely analysed the vegetation in different parts of the site and compared it to a reference station chosen in the close vicinity.

Then, they confirmed flora originality using comparative pedochemical analysis of soils in and out of the site.

KEY WORDS : specific flora, archeology, phytoecology, feudal motte, chemistry of soils.

La végétation originale des sites archéologiques a déjà été observée et étudiée en maints endroits du Limousin.

Elle a fait, depuis une vingtaine d'années, l'objet de nombreuses publications à l'occasion des travaux de A. GHESTEM et A. VILKS (1981) puis de J. F. BOYER, a (1984) et de B. DESBORDES (1996) consacrés principalement à des sites correspondant aux époques gallo-romaine et médiévale et menés dans le cadre des recherches du laboratoire de Botanique de la Faculté de Pharmacie de Limoges.

La quasi-totalité des observations et des résultats de ces investigations a paru dans les Travaux d'Archéologie Limousine (J. F. BOYER, b, 1984, A. GHESTEM, synthèse 2002) mais aussi dans les Mémoires des Sciences Naturelles et Archéologiques de la Creuse (A. GHESTEM *et al.*, 1998).

Parmi les sites médiévaux étudiés par J. F. BOYER et B. DESBORDES, il en existe d'un type très particulier dont la spécificité archéologique mais aussi morphologique et architecturale est tout à fait remarquable.

Il s'agit des mottes castrales ou féodales édifiées à partir du X^{ème} siècle. Plusieurs stations de ce genre ont fait l'objet de prospections et d'observations en Limousin :

- par J. F. BOYER en Haute-Vienne, les mottes du Dognon (Commune du Chatenet en Dognon), du Mazaubrun et de Lageyrat (Commune de Châlus).
- par B. DESBORDES, en Creuse, celles de Chatelus (Commune de Saint Sulpice le Dunois) et de Drouille (Commune de Saint Eloi) et en Haute-Vienne, celle de Bret (Commune de Coussac Bonneval).

B. DESBORDES (1996) ayant insisté sur le fait que, parmi les mottes étudiées, celle de Drouille lui était apparue comme la plus imposante et la plus typique, nous avons souhaité en présenter ici les caractéristiques, en insistant plus particulièrement sur la spécificité de sa flore.

Dans un premier temps, nous rappellerons ce que furent les mottes féodales ou castrales. Puis, nous préciserons la situation et la localisation de la station étudiée. Ensuite, grâce à la méthode phytosociologique, nous analyserons la végétation du site en la comparant à celle du milieu environnant. Enfin, nous rendrons compte des analyses pédochimiques qui ont été faites sur les sols de la motte et dans une station témoin. Le bilan sera tiré au terme de cet exposé.

I - Les mottes castrales (définition et rôle), d'après B. DESBORDES (1996) et V. VIEILLE (2001).

a) Définition

C'est à partir du Xe siècle que se constitue peu à peu le monde féodal. C'est aussi pendant cette période que l'Europe subit les assauts de nombreux envahisseurs. L'état carolingien jusqu'alors organisé et centralisé se disloque, les pillages et l'éclatement de l'Etat central créent une insécurité grandissante, les fiefs et les terroirs apparaissent et tombent sous l'autorité directe d'un seigneur qui, pour se défendre et matérialiser sa puissance, construit une fortification sur ses terres (J.F. BOYER, 1984). C'est ainsi que naissent les mottes castrales.

Ces premiers « châteaux forts » médiévaux appelés mottes castrales ou féodales et édifiés vers la fin du Moyen Age (XIème et XIIème siècles) étaient les formes les plus répandues de fortification en milieu rural. Simples camps retranchés, ils offraient peu de ressemblance avec leurs successeurs. Ils étaient construits suivant un plan simple et étaient aussi faciles qu'économiques à édifier (Figure n°1).

La construction débutait par le creusement d'un fossé circulaire ou ovale et l'édification au centre d'une butte de terre appelée motte. La motte castrale se composait de deux éléments distincts : la motte proprement dite et la basse-cour (Figure n°2).

La motte était une élévation de terre, en partie ou entièrement artificielle, entourée de fossés simples ou doubles, d'une hauteur variant de quelques mètres à plus de vingt mètres pour les plus hautes. De même, la superficie de la plate-forme sommitale pouvait varier de quelques mètres carrés à plusieurs ares. Le sommet soutenait une tour en bois (ou donjon) de deux ou trois niveaux, elle-même entourée d'une palissade de bois.

Ouvrage de terre (tuf, mélange d'arène et d'argile puisé sur place) et de bois, la motte n'était jamais maçonnée. Cependant, parfois, la partie basse de la motte pouvait faire l'objet d'une consolidation grâce à un muret de pierre (cf. Drouille). Il ne reste aucune trace de ces tours sommitales, seule l'archéologie permettrait d'en déterminer la surface par la fouille du sommet de la motte, à condition que les fondations de cette tour n'aient pas disparu.

La basse-cour associée à la motte était une zone contiguë à celle-ci, elle était de taille variable, entourée d'une levée de terre surmontée d'une palissade de bois. Elle renfermait des bâtiments variés : granges, écuries, logements familiaux, serviteurs ... et assez de place libre pour que les paysans puissent s'y réfugier avec leurs bêtes et leur matériel en cas de péril (QUENEHEN, 1990).

Figure n°1 : Coupe et plan schématique d'une motte castrale (*in* QUENEHEN, 1990).

Figure n°2 : Croquis de la motte féodale (reconstitution), *in* B. DESBORDES, 1996.

b) Rôle

Conçue d'abord pour se protéger des invasions, pillages, guerres et autres combats, la motte est devenue, peu à peu, l'outil de la domination militaire et civile du seigneur sur la population qu'il protège.

La motte castrale a connu un succès et une diffusion rapide mais relativement éphémère car elle est rapidement remplacée par les constructions en pierres. A partir de la fin du XI^{ème} siècle, on a construit des châteaux forts plus sophistiqués afin de répondre aux techniques de sièges, tandis que les styles se sont diversifiés en fonction des pays, les mottes et les enceintes cédant progressivement la place au donjon de pierre (QUENEHEN, 1990).

II - Historique, situation et localisation des stations.

La forteresse de Drouille est attestée dès le XI^{ème} siècle et la typologie des vestiges actuels correspond tout à fait à cette période chronologique : motte de vallée dominant le franchissement d'un ruisseau à gué. L'origine de l'occupation du lieu peut cependant être bien antérieure au second millénaire, puisqu'une structure gallo-romaine a été repérée à proximité de la motte. Le toponyme « Drouille » est formé sur le nom gaulois du chêne, *drull*.

Le site est localisé à l'ouest de Sardent, sur la Commune de Saint Eloi, près de la D940 (qui va de Bourgameuf à Guéret), dans un secteur relativement boisé, à une altitude de 530m.

Le site a un aspect classique de motte féodale (cf. croquis ci-dessous); au pied de celle-ci coule le ruisseau de Drouille. La base de la motte est renforcée par un muret de pierres qui cerne l'ouvrage (particulièrement visible sur les parties ouest et sud de la motte), et qui peut être un rajout tardif. Le sommet du tertre est occupé par une plate-forme subhorizontale. L'ensemble de la motte est végétalisée et occupée par un petit bois.

Le relevé 1 a été fait au niveau de la plate-forme sommitale, les relevés 2 et 3 sur les pentes boisées au nord-ouest et à l'est, au-dessus du muret et le relevé 4 au niveau du manteau arbustif et de son ourlet, jusqu'à la base du muret détruit.

Croquis schématique du site de Drouille : localisation des stations (d'après B. DESBORDES, 1996).

III – Analyse phytosociologique de la végétation du site de Drouille.

a) Site

La végétation a été étudiée selon la méthode phytosociologique classique établie par J. Braun-Blanquet et son école (B. DE FOUCAULT, 1987). Le site de la motte est divisé en stations, et chacune d'elles est identifiée par un relevé. Les plantes sont recensées à l'aide de deux coefficients : le premier exprime l'abondance-dominance, le second la sociabilité. Le degré de développement des espèces ligneuses est indiqué à côté du nom de l'espèce par : (juv) pour jeunes individus et plantules, (a) ou (A) pour la hauteur de la strate respectivement strate arbustive et strate arborescente. Pour chaque espèce peut être calculée la classe de présence. Nous présentons dans le tableau n°1 la liste des espèces des quatre stations du site classées en fonction de leur appartenance phytosociologique.

L'aspect physionomique de la végétation du site est relativement diversifié en fonction de la situation des relevés par rapport à la motte.

En ce qui concerne le peuplement ligneux :

- Le relevé n°1 correspond à une chênaie-hêtraie (*Quercus robur* et *Fagus sylvatica*) à houx (*Ilex aquifolium*) avec quelques noisetiers (*Corylus avellana*) en sous-strate.
- Le relevé n°2 est une chênaie-frênaie (*Quercus robur* et *Fraxinus excelsior*) à noisetiers.
- Le relevé n°3 est une corylaie.
- Le relevé n°4 est une chênaie-châtaigneraie (*Quercus robur* et *Castanea sativa*) à houx et noisetiers.

Au sein des relevés n°2, 3 et 4, le buis (*Buxus sempervirens*) est abondant dans la strate arbustive ou sous l'aspect de jeunes individus dans la strate herbacée.

Le tapis herbacé lui-même est constitué des quelques espèces acidiclinales ou acidiphiles relevant des Quercetalia robori-petraeae (*Holcus mollis*, *Viola riviniana*, *Teucrium scorodonia*, *Lonicera periclymenum*) mais surtout d'assez nombreuses espèces de milieux neutroclines, mais aussi plus frais appartenant aux Fagetalia sylvaticae (*Rubus sp.*, *Poa nemoralis*, *Adoxa moschatellina*, *Dryopteris filix-mas*, *Potentilla sterilis*, *Polygonatum multiflorum*).

Par ailleurs, on note la présence intéressante de plusieurs espèces nitrophiles parmi lesquelles *Geranium robertianum*, *Moerhingia trinervia*, *Urtica dioïca*, *Silene dioïca* sont les plus fréquentes.

Le relevé n°4 montre enfin, en raison de sa situation de manteau ou d'ourlet, une flore spécifique de ce type de biotope avec *Digitalis purpurea*, *Galeopsis tetrahit*, *Jasione montana*, *Epilobium montanum*, *Linaria repens*, espèces caractéristiques du Teucrium scorodoniae ou des Epilobietea angustifolii.

Liste d'espèces	Stations du site				Classe de présence
	n° 1	n° 2	n° 3	n°4	
Peuplement ligneux					
<u>Car. du Quercion robori-petraeae</u>					
<u>et des Quercetalia r.p.</u>					
<i>Quercus robur</i> A, juv	33	11		33	IV
<i>Ilex aquifolium</i> a, juv	11			2	III
<i>Fagus sylvatica</i> A, a, juv	33				II
<i>Castanea sativa</i> A				23	II
<i>Cytisus scoparius</i> a				+	II
<u>Car. des Fagetalia sylvaticae</u>					
<i>Corylus avellana</i> a	11	44	33	12	V
<i>Euonymus europaeus</i>		+	+		III
<i>Fraxinus excelsior</i> A, juv	i	22			III
<i>Prunus avium</i> juv		+	+		III
Différentielle xérothermophile					
<i>Buxus sempervirens</i> a, juv		33	33	23	IV
<u>Compagne</u>					
<i>Picea excelsa</i> a	+			-	II
Tapis herbacé					
<u>Car. du Quercion robori-petraeae</u>					
<u>et des Quercetalia r.p.</u>					
<i>Holcus mollis</i>	11	+2		12	IV
<i>Pteridium aquilinum</i>	+			+	III
<i>Viola riviniana</i>		+2	+		III
<i>Teucrium scorodonia</i>				2	II
<i>Lonicera periclymenum</i>		+			II
<i>Hieracium murorum</i>	+				II
<u>Car. des Fagetalia sylvaticae</u>					
<i>Poa nemoralis</i>		+2	11	2	IV
<i>Dryopteris filix-mas</i>		+	+		III
<i>Hedera helix</i>	+	11			III
<i>Stellaria holostea</i>	+			2	III
<i>Potentilla sterilis</i>		+2	+		III
<i>Polygonatum multiflorum</i>	+2				II
<i>Geranium robertianum</i>	i		12	+2	IV
<i>Adoxa moschatellina</i>	12	+2	+2		IV
<i>Rubus</i> sp.	+	+		+	IV
<i>Oxalis acetosella</i>		+2			II
<u>Compagnes</u>					
<u>Espèce neutrocalcicole</u>					
<i>Campanula trachelium</i>		+2			II
<u>Espèces des coupes forestières et des ourlets</u>					
<i>Galeopsis tetrahit</i>				+	II
<i>Epilobium montanum</i>	i				II
<i>Veronica chamaedrys</i>				+2	II
<i>Linaria repens</i>				+	II
<i>Digitalis purpurea</i>				+	II
<i>Jasione montana</i>				+2	II
<i>Silene vulgaris</i>				+2	II
<i>Hypericum humifusum</i>				+2	II
<i>Campanula rotundifolia</i>				+	II
<u>Espèces nitrophiles</u>					
<i>Moerhingia trinervia</i>	+	+2	11	+	V
<i>Urtica dioïca</i>			+2	+2	III
<i>Silene dioïca</i>			+2	+2	III
<i>Heracleum sphondylium</i>	+				II
<i>Chaerophyllum temulum</i>			+2		II
<i>Chelidonium majus</i>	+				II
<i>Galium aparine</i>			+		II
<i>Stellaria media</i>				+2	II
<i>Scrophularia nodosa</i>			+2		II
<u>Autre compagne</u>					
<i>Asplenium adiantum-nigrum</i>				+2	II

b) Flore de la station témoin

La végétation du site peut être comparée à celle de la végétation locale grâce à un relevé réalisé le long du C.D. 940 dans un bois au nord du hameau de la Rebeyrolle (cf. liste des espèces ci-dessous).

Le témoin ne présente qu'un petit nombre d'espèces (soit 13 au total), comparé au nombre d'espèces des stations 1, 2, 3 et 4 (46).

Peuplement ligneux :

<i>Fagus sylvatica</i> A	55
<i>Quercus robur</i> A	+
<i>Fraxinus excelsior</i> A	+
<i>Ilex aquifolium</i> a	23
<i>Betula pendula</i> a	+
<i>Corylus avellana</i> a	+2

Tapis herbacé :

<i>Hedera helix</i>	22
<i>Rubus</i> sp.	11
<i>Lonicera periclymenum</i>	+2
<i>Stellaria holostea</i>	+2
<i>Dryopteris filix mas</i>	+
<i>Oxalis acetosella</i>	+2
<i>Chelidonium majus</i>	+2

Le peuplement ligneux est fortement dominé dans la strate arborescente par le hêtre (*Fagus sylvatica*). On y rencontre aussi, mais plus discrètement représentés, le chêne pédonculé (*Quercus robur*), le bouleau (*Betula alba*) et le frêne (*Fraxinus excelsior*).

La strate arbustive est peu fournie, constituée de manière prépondérante par le houx (*Ilex aquifolium*). On y observe aussi quelques noisetiers (*Corylus avellana*).

La strate herbacée, pauvre en espèces, est dominée par la lierre (*Hedera helix*) et la ronce (*Rubus* sp.). Exceptionnellement, s'y rencontrent de rares plantes de milieux moins acides et plus frais comme *Oxalis acetosella* et *Dryopteris filix-mas* et dans certaines zones plus claires, *Stellaria holostea* et *Chelidonium majus*. Cette végétation forestière, très commune sur les plateaux de la région du Limousin (BOTINEAU *et al.*, 1988), correspond au groupement de l'Ilici-Fagetum décrit par Durin, Géhu, Noirfalise et Sougnez en 1967.

Si l'on compare la végétation du site (p. 8) et celle de la station témoin (p. 9), on remarque que le fond de la végétation forestière de la station témoin se retrouve dans celle du site. Cependant, cette dernière s'est enrichie en espèces des Fagetalia sylvaticae : *Prunus avium*, *Euonymus europaeus* au titre du peuplement ligneux mais surtout au niveau du tapis herbacé en raison d'un couvert moins dense et peut-être de conditions pédologiques différentes. Par ailleurs la présence de plantes nitrophiles est à relier vraisemblablement à l'occupation humaine de ce site archéologique.

IV - Analyse phytoécologique dans le site et hors site.

Dans le tableau n°2 ci-dessous, les espèces recensées ont été classées différemment en mettant cette fois en évidence leur appartenance à un groupe écologique. Pour cela, nous avons retenu principalement cinq grands groupes écologiques en suivant les indications de la Flore Forestière Française (J. C. RAMEAU, D. MANSION et G. DUME, 1989) :

- Le groupe de xérophiles, neutrocalcicoles et calciclins (a).
- Le groupe des neutrophiles et neutroclins (b).
- Le groupe des neutronitroclins et neutronitrophiles (c).
- Les espèces de large amplitude écologique (d).
- Le groupe des espèces acidiclins et acidiphiles (e).

Par ailleurs, la végétation des stations du site est présentée, en parallèle avec celle de la station témoin.

		Stations du site				Hors site
		n° 1	n° 2	n° 3	n° 4	
Nombre d'espèces		17	18	16	26	13
a	<u>Xérophile</u>					
	<i>Buxus sempervirens</i> a, juv		33	33	23	
	<u>Neutrocalcicole</u>					
	<i>Campanula trachelium</i>		+2			
	<u>Calciclins</u>					
	<i>Euonymus europaeus</i>		+	+		
b	<u>Neutrophiles et Neuroclins</u>					
	<i>Corylus avellana</i> a, juv	11	44	33	12	+2
	<i>Poa nemoralis</i>		+2	11	+2	
	<i>Dryopteris filix-mas</i>		+	+		+
	<i>Hedera helix</i>	+	11			22
	<i>Stellaria holostea</i>	+			+2	+2
	<i>Potentilla sterilis</i>		+2	+		
	<i>Prunus avium</i> juv		+	+		
	<i>Polygonatum multiflorum</i>	+2				
	<i>Silene vulgaris</i>				+2	
c	<u>Neutronitroclins</u>					
	<i>Geranium robertianum</i>	i		12	+2	
	<i>Fraxinus excelsior</i>	i	22			+
	<i>Silene dioica</i>			+2	+2	
	<i>Heracleum sphondylium</i>	+				
	<i>Veronica chamaedrys</i>				+2	
	<u>Neutronitrophiles</u>					
	<i>Adoxa moschatellina</i>	12	+2	+2		
	<i>Urtica dioica</i>			+2	+2	
	<i>Chaerophyllum temulum</i>			+2		
<i>Chelidonium majus</i>	+				+2	
<i>Galium aparine</i>			+			
<i>Stellaria media</i>				+2		
Nombre d'espèces		17	18	16	26	13
d	<u>Large amplitude</u>					
	<i>Quercus robur</i> A, juv	33	11		33	+
	<i>Ilex aquifolium</i> a, juv	11			+2	23
	<i>Campanula rotundifolia</i>				+	
	<i>Fagus sylvatica</i> A, a, juv	33				55
<i>Hieracium murorum</i>	+					
<i>Betula pendula</i> A					+	
e	<u>Acidiclins</u>					
	<i>Moerhingia trinervia</i>	+	+2	11	+	
	<i>Rubus</i> sp.	+	+		+	11
	<i>Galeopsis tetrahit</i>				+	
	<i>Lonicera periclymenum</i>		+			+2
	<i>Epilobium montanum</i>	i				
	<i>Oxalis acetosella</i>		+2			+2
	<i>Scrophularia nodosa</i>			+2		
	<u>Acidiphiles</u>					
	<i>Holcus mollis</i>	11	+2		12	
	<i>Pteridium aquilinum</i>	+			+	
	<i>Viola riviniana</i>		+2	+		
	<i>Asplenium adiantum-nigrum</i>				+2	
	<i>Linaria repens</i>				+	
	<i>Castanea sativa</i> A					23
<i>Cytisus scoparius</i>				+		
<i>Digitalis purpurea</i>				+		
<i>Jasione montana</i>				+2		
<i>Teucrium scorodonia</i>				+2		
<i>Hypericum humifusum</i>				+2		

Tableau n°2 : Analyse phytoécologique de la végétation.

A partir de tous ces éléments, nous avons calculé la proportion des espèces rassemblées dans les différents groupes écologiques : les résultats apparaissent dans le tableau n°3.

Groupes écologiques	Site			Hors site
	Ensemble des stations	Stations 1, 2, 3	Station 4	
XEROPHILES NEUTROCALCICOLES CALCICLINES	6,5	9	3,8	0
NEUTROPHILES NEUTROCLINES	19,6	24,3	15,4	30,7
NEUTRONITROCLINES NEUTRONITROPHILES	23,9	27,3	19,2	15,4
LARGE AMPLITUDE	10,9	12,1	11,5	30,7
ACIDICLINES ACIDIPHILES	39,1	27,3	50	23
NOMBRE TOTAL D'ESPECES	46	33	26	13

Tableau n°3 : Proportion relative des groupes écologiques d'espèces dans la flore des différentes stations dans le site et hors du site.

- Pour l'ensemble du site, le nombre total d'espèces est de 46, les groupes écologiques les mieux représentés sont :
 - les acidiclins et acidiphiles (presque 40 %),
 - les nitroclines et nitrophiles (près d'un quart de la flore),
 - les neutrophiles et neutroclines (près de 20 % de la flore du site).

Il existe quelques espèces appartenant aux groupes des xérophiles, neutrocalcicoles et calciclins : ce sont *Buxus sempervirens*, *Campanula trachelium*, *Euonymus europaeus*, dont le pourcentage est de 6,5 %.

Les quatre relevés ne présentent pas entre eux suffisamment d'homogénéité pour que l'ensemble puisse être considéré dans sa globalité. Ainsi, les relevés 1, 2 et 3 semblent comparables. Par contre, le relevé 4, réalisé au bas de la butte et au niveau de la partie détruite du mur qui ceinturait la motte, apparaît assez différent dans la mesure où l'on note un fort cortège d'espèces acidiphiles d'ourlets (50 %) qui vient modifier considérablement les pourcentages de répartition des autres groupes écologiques.

Si l'on calcule les proportions des espèces rassemblées dans les groupes écologiques en dissociant les stations 1, 2 et 3 de la station 4, on note dans le site, *stricto sensu*, (stations 1, 2 et 3), une bien meilleure représentation des xérophiles, neutrocalcicoles et calciclins (9 au lieu de 6,5), des neutrophiles et neutroclines (24,3 au lieu de 19,6), des nitroclines et nitrophiles (27,3 au lieu de 23,9), une présence plus faible du groupe des acidiphiles et acidiclins (27,3 au lieu de 39,1).

- L'analyse de la flore dans la station témoin montre l'importance des espèces de large amplitude (30,7 %), comme *Fagus sylvatica* ou *Ilex aquifolium*, mais aussi des neutroclines et neutrophiles (30,7 %) et, par contraste, une moindre représentation des nitrophiles et nitroclines, ainsi qu'une absence totale de plantes du groupe des xérophiles, neutrocalcicoles et calciclins ; Par contre, la représentation des espèces acidiphiles et acidiclins est assez voisine dans le site de la motte et hors site.

V – Analyse chimique comparative des substrats dans le site et hors site.

Des dosages de sols ont été réalisés, mais uniquement dans les stations 1 et 4 et, bien sûr, hors du site pour constituer le témoin. Différents paramètres ont été recherchés afin de cerner les caractères pédochimiques du milieu (DUCHAUFOR, 1970).

Paramètres pédochimiques	Station n°1	Station n°4	Témoin
pH eau	5,7	4,9	4,8
Rapport carbone sur azote (C / N)	10,7	7,8	15,6
Calcium échangeable en CaO (ppm)	1688	456	399
Magnésium échangeable en MgO (ppm)	291	94	87
Potassium échangeable en K ₂ O (ppm)	478	211	197
Capacité d'échange cationique (méq p. cent grammes)	15,8	13,8	14,9
P ₂ O ₅ (ppm)	442	403	47

Tableau n° 4 : analyse des sols.

Les données pédochimiques correspondant au site (cf. Tableau n°4 ci-dessus), à l'exception de la station 4, s'éloignent assez fortement de celles du témoin en ce qui concerne le pH, le rapport C/N, les ions calcium, potassium et magnésium échangeables.

Par contre, les résultats correspondant à la station 4 semblent assez proches de ceux du témoin, à l'exception des valeurs de C/N et de P₂O₅.

Le faible rapport C/N des stations 1 et 4 semble être en corrélation avec le bon développement des nitrophiles et nitroclines.

Le pH assez faiblement acide de 5,7 à la station 1 peut expliquer un assez bon développement des neutroclines dans le site ; le taux différent des acidoclines et acidiphiles existant entre la station 1 et la station 4 pourrait peut-être s'expliquer par la différence des valeurs de pH.

Quand aux taux de calcium, magnésium et potassium échangeables (de 2 à 4 fois supérieur à celui du témoin au niveau de la station 1), ils semblent expliquer la présence préférentielle de *Buxus sempervirens*, *Campanula trachelium* et *Euonymus europaeus*.

CONCLUSION

L'étude de la végétation liée au site de la motte de Drouille laisse apparaître des résultats qui nous ont semblé assez déterminants. Nous avons pu, en effet, remarquer :

- une biodiversité végétale fortement prononcée par rapport à des milieux forestiers comparables.
- une bonne représentation des plantes relevant de deux groupes écologiques particuliers, celui des xérophiles, calcicoles et calciclins et celui des nitroclins et nitrophiles.

Ces observations ont été confirmées par la mise en évidence de caractères pédochimiques nettement différents dans le site : pH peu acides, rapport C/N bas, complexe absorbant plus riche en Ca, Mg et K.

Ces paramètres attestent d'une meilleure qualité des substrats qui se montrent beaucoup moins acides, dont le taux de saturation est plus élevé et la capacité minéralisatrice nettement améliorée.

De semblables prospections menées dans des sites d'un même type devraient permettre de vérifier ces observations.

BIBLIOGRAPHIE

M. BOTINEAU, Ch. DESCUBES-GOUILLY, A. GHESTEM et A. VILKS – 1988 – Les hêtraies, hêtraies-chênaies et groupements associés (ourlets, coupes) des hauts plateaux du Limousin. *Colloques phytosociologiques XIV* (Phytosociologie et foresterie), 99-113. Ed. Cramer, Berlin, Stuttgart.

J.F. BOYER, a - 1984 - Végétation et structures archéologiques : contribution à l'analyse de la flore sur des sites du Haut-Limousin. Thèse pour l'obtention du Diplôme d'Etat de Docteur en Pharmacie, Université de Limoges, 137 pp.

J.F. BOYER, b – 1984 – Végétation et structures archéologiques en Haut-Limousin. *Travaux d'Archéologie Limousine*, t. 5, 17-35.

B. DESBORDES – 1996 – Contribution à l'étude de la végétation sur des sites archéologiques limousins aux époques gallo-romaine et médiévale. Thèse pour l'obtention du Diplôme d'Etat de Docteur en Pharmacie, Université de Limoges, 129 pp.

P. DUCHAUFOUR – 1970 – Précis de pédologie, Masson et Cie éd., Paris, 481 pp, 80 fig.

B. FOUCAULT de – 1987 – Petit manuel d'initiation à la phytosociologie stigmatique, CRDP Amiens, 51 pp.

A. GHESTEM - 2002 - La flore des vestiges archéologiques en Limousin : proposition de synthèse. *Travaux d'Archéologie Limousine*, t. 22, 7-21.

A. GHESTEM, B. DESBORDES, Ph. HOURDIN et D. FROISSARD – 1998 – La végétation de deux sites archéologiques fossilisés d'époque gallo-romaine : la Charrière des Buis et Montignat. *Mémoires de la Soc. des Sciences Nat. et Archéol. de la Creuse*, t. 46 (2^{ème} fasc.), 214-223.

A. GHESTEM et A. VILKS – 1981 – La végétation de quelques sites archéologiques en Limousin : premières recherches sur la relation entre les plantes et les structures archéologiques. *Revue Archéologique du Centre*, t. 71-72, 137-148.

D. QUENEHEN – 1990 – Les mottes castrales dans le département de l'Oise. Mémoire de maîtrise de l'Université de Paris XIII.

J.C. RAMEAU, D. MANSION et G. DUME - 1989 - Flore forestière française : guide écologique illustré. Plaines et collines. Institut pour le développement forestier, Paris, 1785 pp.

V. VIEILLE – 2001 - Analyse floristique et phytosociologique de la végétation de quelques mottes castrales picardes. Thèse pour l'obtention du Diplôme d'Etat de Docteur en Pharmacie, Université de Picardie – Jules Verne, 80 pp.

Les capacités migratoires de *Galba truncatula* et d'*Omphiscola glabra* (Lymnaeidae) dans des ruisseaux sur sol acides et leurs conséquences sur la transmission de la fasciolose

D. RONDELAUD¹, P. HOURDIN², P. VIGNOLES¹ et G. DREYFUSS¹

¹. UPRES EA n° 3174, "Biodiversité des Digènes" (associée à l'INRA), Facultés de Médecine et de Pharmacie, 87025 Limoges.

². Laboratoire de Botanique et de Cryptogamie Vasculaires, Faculté de Pharmacie, 87025 Limoges.

RÉSUMÉ.- Comme les gîtes permanents de *Galba truncatula* et d'*Omphiscola glabra* sont situés à une distance de 3 à 67 m des cressonnières naturelles dans la région du Limousin (situées généralement au point d'émergence de sources permanentes), des investigations ont été réalisées pendant deux années sur 12 rigoles de drainage, alimentées chacune par une source permanente, afin d'étudier la migration hivernale de ces limnées en amont vers les sources et de déterminer les conséquences de ces migrations sur la contamination des cressonnières par le parasite. Les migrations des mollusques ont été suivies sur des distances de 30 ou 60 m entre les points où ils ont été introduits dans les rigoles et les cressonnières situées à l'émergence des sources. Sur les effectifs de départ, seuls 15,8 % des *G. truncatula* et 12,8 % des *O. glabra* ont colonisé les sources. Les *O. glabra* migrent plus vite que *G. truncatula* car les premières limnées ont été trouvées dans les sources à la 7^e semaine alors que les secondes n'ont été recensées qu'à la 10^e semaine. Malgré cette migration plus rapide d'*O. glabra*, les infestations naturelles avec *F. hepatica* sont plus nombreuses chez *G. truncatula*, avec des prévalences significativement plus élevées chez les F1 de *G. truncatula* que chez ceux de l'autre limnée. Le faible nombre de mollusques capables de migrer jusqu'aux cressonnières en amont peut s'expliquer par l'existence d'un état physiologique particulier, probablement lié à un retard dans le développement de l'activité reproductrice. Les infestations naturelles avec *F. hepatica*, relevées dans ces cressonnières, soulignent l'importance de la présence des mollusques hôtes pour qu'il y ait contamination du cresson par le parasite.

MOTS CLÉS: *Galba truncatula*, *Omphiscola glabra*, cressonnières, Limousin, migrations en amont, parasitisme.

TITLE.- The ability of *Galba truncatula* and *Omphiscola glabra* (Lymnaeidae) to upstream migrate in brooks on acid soils.

ABSTRACT - As the reservoir habitats of *Galba truncatula* and those of *Omphiscola glabra* in the region of Limousin (central France) were located at a distance of 3 to 67 m from natural watercress beds (usually set around the sources of permanent springs), field investigations in 12 open drainage furrows, each supplied by a permanent spring, were carried out over two years to study the upstream migration of snails in winter from their habitats towards the beds and to determine the consequences of these snail migrations on the contamination of watercress beds with *Fasciola hepatica*. Snail migrations were bi-weekly followed on 30-m or 60-m distances, taking place between the points of snail introduction in furrows and the upstream beds. Out of the numbers of snails introduced at the onset of the experiment, 15.8% of *G. truncatula* and 12.8% of *O. glabra* only colonized spring sources. *O. glabra* migrated quicker than *G. truncatula*, as the presence of the former snails was noted at week 7 in sources, while the

latter were only found at week 10. In spite of the quicker upstream migrations of *O. glabra*, the natural infections of snails with *F. hepatica* were greater in *G. truncatula* and the corresponding prevalences were significantly higher in the F1 of this lymnaeid species than in those of *O. glabra*. The low number of snails able to upstream migrate up to watercress beds might be explained by the existence of a particular physiological state for these snails, probably linked with a delay in the development of their reproductive activity. The natural infections of snails with *F. hepatica*, found in these beds, underlined the importance of the presence of snail hosts for watercress contamination by the parasite.

KEY WORDS: *Galba truncatula*, *Omphiscola glabra*, Limousin, parasitism, upstream migrations, watercress beds.

INTRODUCTION

On sait depuis longtemps que les Gastéropodes d'eau douce sont capables de remonter les rivières et les ruisseaux à contre-courant (rhéotropisme) pour aller vers les sources. Les deux exemples les plus connus sont ceux de *Potamopyrgus antipodarum* (Prosobranche) qui a colonisé tout le réseau hydrographique français à partir des estuaires (Real, 1973 par exemple) et de *Physella acuta* (Pulmoné) qui peut remonter rapidement un ruisseau ou un système de drainage superficiel lorsque les conditions s'y prêtent (Vareille *et al.*, 1996). Les capacités des limnées pour effectuer un tel rhéotropisme ont été moins étudiées. *Galba truncatula* est capable de coloniser de nouvelles aires à partir de ses habitats permanents (Taylor, 1965) et cette aptitude serait essentiellement liée aux déplacements du mollusque à contre-courant (Hohorst, 1969 ; Moens, 1982). Dans les prairies de la Haute-Vienne, l'espèce peut envahir un réseau de drainage superficiel (dépourvu de sources permanentes) en trois années. Les distances parcourues par rhéotropisme sont plus importantes de mars à juin (lorsque les conditions sont favorables) alors qu'elles sont faibles de novembre à janvier et généralement nulles en août et septembre (Rondelaud, 1983). Dans le cas de l'autre limnée : *Omphiscola glabra*, la revue de la littérature ne montre pas d'étude sur ce point particulier.

Comme ces deux limnées vivent l'une à côté de l'autre sur la même rigole de drainage dans les sols acides de la Haute-Vienne (Vareille-Morel *et al.*, 1999), elles participent donc toutes les deux à la remontée hivernale et printanière vers les sources. Lorsque ces dernières sont permanentes, elles sont souvent peuplées par du cresson de fontaine (*Nasturtium officinale*) si bien qu'il y a des risques de distomatose à *Fasciola hepatica*. En effet, les deux limnées précitées sont connues pour intervenir, à des degrés divers, comme hôtes intermédiaires dans le cycle de ce parasite et la présence d'une espèce, de l'autre, des deux ou, au contraire, leur absence dans une cressonnière donnée retentit sur la contamination de celle-ci par le parasite (Rondelaud *et al.*, 2005). Devant ce problème particulier, il était utile de connaître les capacités de ces deux limnées pour migrer en amont dans des rigoles de drainage alimentées en permanence par des sources. C'est la raison pour laquelle nous nous sommes posés les trois questions suivantes : quelle est la distance que chaque espèce de limnée parcourt lors de son déplacement à contre-courant vers les sources ? combien de mollusques peuvent atteindre le point d'eau dans lequel pousse le cresson ? et quelles sont les conséquences à terme d'une telle migration sur la contamination d'une cressonnière par *F. hepatica* ? Pour répondre à cette problématique, une étude expérimentale a été réalisée en 2003 et 2004 dans le milieu naturel en plaçant des groupes de *G. truncatula* ou d'*O. glabra* à des distances connues de sources permanentes situées en amont et en étudiant les migrations de ces mollusques pendant les six premiers mois de chaque année. Des investigations parasitologiques ont également été effectuées en disséquant les survi-

vants et leur descendance à la recherche des formes larvaires de *F. hepatica*.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Douze rigoles de drainage superficiel, situées dans le nord de la Haute-Vienne et alimentées chacune par une source permanente, sont concernées par cette étude. Elles ont été choisies en raison de l'absence des limnées depuis de nombreuses années alors qu'une cressonnière est présente dans la source. Leur longueur varie de 75 à 127 m et leur largeur est de 45 cm en moyenne. Leur pente est de 1,2-1,4 %. La vitesse de l'eau fluctue de 16 à 24 cm/sec selon les rigoles en janvier et diminue ensuite pour n'être plus que de 3 à 4 cm/sec en juin.

Année	Témoins ou Expérimentés	Nombre de rigoles (effectif des limnées * par rigole)	Distance à parcourir jusqu'à la cressonnière
2003	Expérimentés	8 (40 <i>Galba truncatula</i> + 40 <i>Omphiscola glabra</i>)	30 m
2004	Témoins	2 pour <i>G. truncatula</i> (80 limnées),	60 m
		2 pour <i>O. glabra</i> (80 limnées)	
	Expérimentés	8 (40 <i>G. truncatula</i> + 40 <i>O. glabra</i>)	

Tableau I. Les différentes étapes de l'expérience réalisée pour suivre les migrations en amont de *Galba truncatula* et d'*Omphiscola glabra* en 2003 et 2004. *, *G. truncatula* : 4-5 mm de hauteur ; *O. glabra*, 9-11 mm.

Le tableau I précise les différentes étapes de l'expérience. Cette dernière a été réalisée pendant deux années, en 2003 et 2004. Au début de janvier 2003, un groupe mixte comprenant 40 *G. truncatula* transhivernants, hauts de 4 à 6 mm et 40 *O. glabra* mesurant 9 à 11 mm a été introduit dans chacune des huit rigoles (voir le tableau I), à une distance de 30 m de la cressonnière située en amont. Les hauteurs de *G. truncatula* et celles de *O. glabra* ont été choisies en fonction des résultats d'une étude préliminaire (Rondelaud *et al.*, 2005) car ce sont les dimensions que la plupart des mollusques retrouvés dans les cressonnières entre 1999 et 2002 présentent au printemps. L'expérience a été renouvelée au début de janvier 2004 en utilisant les mêmes rigoles et le même protocole mais la distance que les mollusques doivent parcourir est de 60 m. De plus, quatre rigoles témoins ont été suivies en introduisant un groupe de 80 *G. truncatula* dans chacune des deux premières stations et un groupe de 80 *O. glabra* dans les deux autres.

Des investigations bihebdomadaires ont été réalisées par la suite pour suivre la migration de ces mollusques en amont vers la cressonnière, pour déterminer le nombre de mollusques qui colonisent chaque source et pour mesurer le temps (en semaines) que mettent

les limnées les plus rapides pour parcourir 30 ou 60 m. La distance moyenne parcourue chaque semaine par l'ensemble du groupe a été également calculée. Chaque année, à la fin du mois de juin, les mollusques transhivernants (génération parentale) et leurs descendants (génération F1) ont été récoltés dans chaque cressonnière ou dans les alentours immédiats avant d'être transportés au laboratoire dans des conditions isothermes et d'être disséqués sous un stéréomicroscope pour y rechercher d'éventuelles formes larvaires de *F. hepatica*.

Le premier paramètre étudié est le nombre des mollusques présents dans chaque tranche de rigole (de 15 m chacune) et dans la source qui alimente la cressonnière. Cet effectif est déterminé pour chaque espèce de limnée (*G. truncatula*, ou *O. glabra*) et pour chaque semaine durant la migration en amont des mollusques (soit 13 semaines au maximum). Les quatre paramètres suivants ne concernent que les limnées les plus rapides et se rapportent *i)* à leur nombre pour chaque année et chaque type de rigole (à peuplement mixte ou à population monospécifique), *ii)* à la hauteur de coquille que ces limnées présentent en arrivant dans la source, *iii)* à la durée de la migration (en semaines) depuis le point d'introduction des limnées au départ de l'expérience) jusqu'à la source, et *iv)* à la distance parcourue tous les 3,5 jours par les mollusques (3 par rigole). Les valeurs individuelles, recueillies pour chacun de ces paramètres, sont ramenées à une moyenne, encadrée d'un écart type, en tenant compte de l'espèce de la limnée, de l'année et du type de rigole (pour la seule année 2004). Enfin, la contamination des cressonnières par *F. hepatica* a été suivie au mois de juin de chaque année en récoltant les mollusques présents dans ces sites (parents et mollusques F1) et en les disséquant sous loupe binoculaire à la recherche d'éventuelles formes larvaires. Les moyennes obtenues pour les cinq derniers paramètres ont été comparées par une analyse de variance à un seul facteur (Stat-Itcf, 1988) en tenant compte de l'année d'étude et de l'espèce de la limnée.

RÉSULTATS

1. Les migrations des mollusques.

Tous les mollusques ne participent pas à la migration printanière. A titre d'exemple, nous avons présenté, sur le tableau II (page suivante), la répartition des 320 mollusques de chaque espèce dans les huit rigoles qui ont reçu des groupes mixtes de mollusques en 2004. Si l'on considère les chiffres à la 13^e semaine, on constate que 54,3 % des *G. truncatula* et 76,6 % des *O. glabra* sont restées dans les tranches de rigole qui touchent le point d'introduction des limnées au départ de l'expérience (de - 15 m à + 30 m). Les autres ont participé à la migration mais seules quelques limnées, à savoir 15,8 % des *G. truncatula* et 12,8 % des *O. glabra* ont effectivement colonisé les sources. Les *O. glabra* se déplacent, d'autre part, plus vite que *G. truncatula* car les premières limnées ont été trouvées dans les sources à la 7^e semaine alors que les secondes n'ont été recensées qu'à la 10^e semaine.

Au vu de ces résultats, les paramètres n'ont été déterminés que pour les limnées les plus rapides (les trois premières qui ont colonisé chaque cressonnière). Le tableau III présente les valeurs pour trois de ces variables. Le nombre total d'*O. glabra* par cressonnière est significativement plus élevé ($F = 6.83$, $P < 5 \%$) en 2003 que celui noté pour *G. truncatula* alors qu'en 2004, il n'y a pas de différence significative entre les deux espèces.

Semaine (2004)	Longueur de la rigole *						Non retrouvés ou morts †
	-15 m/0	0/15 m	15,1/30 m	30,1/45 m	45,1/60 m	Source	
	Nombre de <i>Galba truncatula</i> transhivernants						
1	0	320	0	0	0	0	0
4	31	228	54	0	0	0	7
7	43	170	72	15	1	0	19
10	27	95	104	27	14	10	43
13	6 (3,7 %)	41 (25,0 %)	42 (25,6 %)	31 (18,9 %)	18 (11,0 %)	26 (15,8 %)	156
	Nombre d' <i>Omphiscola glabra</i> transhivernants						
1	0	320	0	0	0	0	0
4	11	178	73	26	0	0	32
7	5	126	49	32	14	20	74
10	1	61	36	15	9	29	140
13	1 (1,2 %)	43 (50,0 %)	21 (24,4 %)	7 (8,1 %)	3 (3,5 %)	11 (12,8 %)	234

Tableau II. La répartition des deux limnées au cours des 13 semaines de l'expérience dans les huit rigoles colonisées chacune par un groupe de 80 mollusques (40 *Galba truncatula* + 40 *Omphiscola glabra*). *, le point 0 dans chaque rigole correspond au point d'introduction des mollusques au départ de l'expérience. †, chiffres cumulatifs. Les pourcentages à la 13^e semaine ont été calculés par rapport à l'effectif des mollusques retrouvés en vie.

Paramètres	Longueur de rigole et année	<i>Galba truncatula</i>	<i>Omphiscola glabra</i>
Nombre de limnées atteignant les sources en premier	30 m, 2003	3,8 ± 1,4	6,8 ± 2,1
	60 m, 2004	1,2 ± 0,9	2,4 ± 1,3
	60 m, 2004 (T)	1,5 ± 0,8	3,0 ± 0,9
Durée de la migration (en semaines)	30 m, 2003	5,3 ± 1,1	3,7 ± 0,8
	60 m, 2004	9,6 ± 2,6	5,9 ± 1,1
	60 m, 2004 (T)	9,1 ± 1,8	6,3 ± 1,3
Hauteur des limnées atteignant les sources en premier (en mm)	30 m, 2003	6,5 ± 1,7	13,2 ± 2,1
	60 m, 2004	8,2 ± 2,0	15,6 ± 2,3
	60 m, 2004 (T)	8,1 ± 1,7	16,0 ± 2,1

Tableau III. Valeurs moyennes et écarts types pour trois paramètres se rapportant aux limnées qui ont colonisé en premier les sources. (T), rigoles témoins. Hauteur des mollusques au départ : 4,9 ± 0,5 mm (*Galba truncatula*), 10,1 ± 1,7 mm (*Omphiscola glabra*).

Fig. 1a-d. Moyennes et écarts types pour les distances parcourues par les limnées les plus rapides dans les rigoles à peuplement mixte (2003 : 1a, et 2004 : 1b) et dans celles avec une seule espèce de mollusque (1c et 1d). Deux relevés sont effectués chaque semaine pendant les dix semaines de la migration en amont. *Galba truncatula* (histogrammes en blanc) et *Omphiscola glabra* (en hachurés).

Les durées de migration pour parcourir 30 et 60 m sont significativement plus faibles (2003: $F = 5,63$, $P < 5\%$; 2004 : $F = 7,82$, $P < 5\%$) pour *O. glabra* que pour l'autre limnée. Quant à la hauteur des mollusques, elle ne présente pas de variation nette entre les moyennes recueillies en 2003 et celles notées en 2004, quelle que soit l'espèce de la limnée. La comparaison des résultats obtenus pour les rigoles témoins (à peuplement monospécifique) avec les données fournies par les groupes mixtes ne montre pas de différences significatives pour chaque espèce de limnée prise isolément, quel que soit le paramètre considéré. Même si l'effectif des limnées pour une espèce donnée est plus important (80 mollusques au lieu de 40) au départ de l'expérience, le nombre de celles qui atteignent la cressonnière est identique, ce qui indique que l'effectif des limnées qui migrent en amont est indépendant de l'abondance de la population.

La figure 1 montre les distances que les limnées les plus rapides ont parcourues en 2003 et 2004, aussi bien dans les rigoles à peuplement mixte que dans celles avec une seule espèce de mollusque (témoins). Les valeurs augmentent au cours des trois premières semaines et passent par un palier chez *G. truncatula* jusqu'à la fin de la migration (à la 10^e semaine). Par contre, chez *O. glabra*, l'accroissement des distances s'observe jusqu'à la 5^e semaine (Fig. 1b, d) ou au contraire laisser la place à un palier à partir de la 3^e semaine (Fig. 1a). A l'exception de 2003 pour laquelle aucune différence significative n'a été retrouvée entre les longueurs parcourues par les deux limnées, les distances recensées lors de la migration en amont des deux espèces à partir de la 4^e semaines sont significativement plus importantes ($F = 15,1$; $P < 1\%$) chez *O. glabra* que chez *G. truncatula*.

Les valeurs négatives notées pour *G. truncatula* sur les trois premiers graphes de la figure 1 sont à mettre en relation avec la survenue d'averses importantes dans les jours précédant les relevés si bien que les mollusques ont été emportés par le courant plus important, généralement jusqu'à l'herbier le plus proche.

2. La contamination des cressonnières par *Fasciola hepatica*.

Paramètres	<i>Galba truncatula</i>	<i>Omphiscola glabra</i>
Nombre de cressonnières colonisées par les parents :		
- 2003 (peup. bispécifique)	8	8
- 2004 (peup. bispécifique)	6	7
- 2004 (peup. monospécifique)	1	2
Nombre de sites avec des mollusques infestés naturellement par <i>Fasciola hepatica</i> en juin :		
- 2003 (peup. bispécifique)	7	3
- 2004 (peup. bispécifique)	4	1
- 2004 (peup. monospécifique)	1	0
Prévalence moyenne de l'infestation par <i>F. hepatica</i> (et écart type) dans la génération F1 en juin :		
- 2003 (peup. bispécifique)	4,3 % (0,9)	1,3 % (1,0)
- 2004 (peup. bispécifique)	3,5 % (0,7)	1,1 %
- 2004 (peup. monospécifique)	2,9 %	0 %

Tableau IV. La contamination des cressonnières naturelles (situées à l'émergence des sources) par *Fasciola hepatica*.

Malgré la migration plus rapide d'*O. glabra* vers les cressonnières situées en amont, les investigations réalisées dans les cressonnières au mois de juin 2003 (ou 2004) ont montré que les infestations naturelles étaient plus nombreuses chez *G. truncatula* que chez *O. glabra*, aussi bien dans les rigoles à peuplement mixte (7 populations en 2003 au lieu de 3, 4 populations en 2004 au lieu d'une seule) que dans les stations témoins (1 population de *G. truncatula* et aucune pour *O. glabra*). La dissection des survivants de la génération parentale (celle qui a migré en amont) n'a pas permis de trouver de formes larvaires de *F. hepatica*, quelles que soient l'année et l'espèce de la limnée. Par contre, des individus parasités ont été retrouvés dans leurs descendants (génération F1) et les prévalences obtenues sont significativement plus importantes ($F = 20,17$; $P < 1 \%$) chez *G. truncatula* que chez l'autre limnée, quelle que soit l'année d'étude pour les rigoles à peuplement mixte.

DISCUSSION.

Nos résultats sur les migrations des limnées vers l'amont d'un réseau hydrographique

sont en accord avec les observations que l'un d'entre nous (Rondelaud 1983) a obtenues dans plusieurs prairies marécageuses de la Haute-Vienne lors de la recolonisation du réseau de drainage superficiel par des *G. truncatula* provenant d'habitats situés plus en aval. En particulier, les distances parcourues s'inscrivent dans le même ordre de grandeur, qu'il y ait une source permanente ou non à l'extrémité de la rigole de drainage. Ce dernier résultat est intéressant car il démontre que la vitesse du courant n'interviendrait que faiblement sur l'amplitude des distances hebdomadaires parcourues par les limnées. L'accroissement de ces dernières au fur et à mesure des semaines serait donc à rapporter à la seule température de la nappe d'eau (celle-ci s'accroît de janvier à mars dans les cours d'eau de la région), comme Boray (1969) l'a déjà rapporté en Australie lors de la colonisation de canaux par une autre limnée, *Austropeplea tomentosa*.

Deux données appellent, cependant, des commentaires particuliers :

- 1) La première se rapporte aux nombres des limnées qui sont capables de peupler la cressonnière située en amont, au terme d'une migration de plusieurs semaines. Ces effectifs restent faibles : 15,8 % des *G. truncatula* et 12,8 % des *O. glabra*. Dans ces conditions, on peut se demander pourquoi ces faibles nombres de limnées migrent vers l'amont alors que les autres membres du groupe restent dans le voisinage du lieu d'introduction ou ne présentent que des migrations plus faibles. La densité des mollusques introduits, à savoir 80 mollusques par rigole en un seul endroit, et la recherche de la nourriture ne peuvent, à notre avis, être les facteurs déterminants qui induisent une migration d'une telle amplitude chez quelques mollusques. L'hypothèse la plus logique serait d'admettre l'existence d'un état physiologique particulier chez les limnées migratrices, probablement lié à leur activité reproductrice. En effet, les pontes des *G. truncatula* transhivernants s'observent à partir de la 5^e semaine d'expérience aux alentours des lieux d'introduction dans les rigoles alors qu'elles ne sont déposées qu'au cours de la 9^e semaine aux environs des cressonnières. Si l'on retient cette hypothèse comme valide, il faut alors admettre que l'énergie dépensée par les mollusques pour remonter à contre-courant le cours d'eau se traduirait par un retard dans le développement de leur activité reproductrice.

- 2) Les déplacements d'*O. glabra* sont plus rapides que ceux de l'autre limnée et ce résultat est confirmé par l'amplitude des distances hebdomadaires parcourues. Pour expliquer ce fait, le premier argument est de rapporter cette différence à la hauteur de coquille des deux espèces car les individus utilisés pour cette expérience mesuraient 4 à 6 mm chez *G. truncatula* et 9 à 11 mm chez *O. glabra*. Cependant, cette interprétation ne peut tout expliquer, en particulier l'accroissement net des valeurs obtenues pour cette dernière limnée au cours des 5^e et 6^e semaines. Dans ces conditions, il faut admettre l'intervention d'un autre facteur et ce dernier pourrait être une nage à la surface de l'eau car ce mode de déplacement est fréquent chez *O. glabra* au cours de la période précitée. Dans ces conditions, cette nage en surface permettrait à l'espèce d'aller plus vite dans sa remontée en amont, surtout si le vent local souffle dans le même sens que les déplacements des mollusques.

Les infestations naturelles avec *F. hepatica*, constatées chez les F1 des deux limnées, ont été relevées dans des cressonnières pour lesquelles aucun cas de contamination avec le parasite n'avait été relevé au cours des trente dernières années. Il est donc important que les mollusques hôtes soient présents dans le site pour qu'il y ait contamination, car les hôtes définitifs du parasite, en particulier des Lagomorphes, sont présents de manière régulière autour des cressonnières et présentent des prévalences élevées lors d'infestations naturelles avec le parasite (42 %, par exemple, pour *Oryctolagus cuniculus* d'après Rondelaud *et al.*,

2001). Les pourcentages plus élevés dans le cas de *G. truncatula*, peuvent s'expliquer facilement par le fait que les prévalences des infestations naturelles sont toujours plus faibles chez *O. glabra* lorsque les deux espèces de limnées vivent dans la même rigole (Abrous *et al.*, 1999, 2000). En revanche, l'absence de formes larvaires chez les mollusques survivants de la génération parentale ne peut s'interpréter qu'à partir des données de Gold et Goldberg (1979). D'après ces auteurs, la sensibilité de l'espèce à l'infestation avec *F. hepatica* diminue lorsque la taille du mollusque augmente.

BIBLIOGRAPHIE

- ABROUS M., RONDELAUD D., DREYFUSS G. & CABARET J., 1999.- Infection of *Lymnaea truncatula* and *Lymnaea glabra* by *Fasciola hepatica* and *Paramphistomum daubneyi* in farms of central France. *Vet. Res.*, **30**, 113-118.
- ABROUS M., RONDELAUD D. & DREYFUSS G., 2000.- A field study of natural infections in three freshwater snails with *Fasciola hepatica* and/or *Paramphistomum daubneyi* in central France. *J. Helminthol.*, **74**, 189-194.
- BORAY J.C., 1969.- Experimental fascioliasis in Australia. *Adv. Parasitol.*, **7**, 95-210.
- GOLD D. & GOLDBERG M., 1979.- Temperature effect on susceptibility of four species of *Lymnaea* snails to infection with *Fasciola hepatica* (Trematoda). *Is. J. Zool.*, **28**, 163-170.
- HOHORST W., 1969.- Die Biotope der Leberegelschnecke (*Galba truncatula*) und ihre Besiedlung. *Malacologia*, **9**, 42.
- MOENS R., 1982.- Mécanisme de ré-infestation par *Lymnaea truncatula* des terrains propices à la fasciolose. *Malacologia*, **22**, 29-34.
- REAL G., 1973.- Répartition en France de *Potamopyrgus jenkinsi*. *Haliotis*, **3**, 199-204.
- RONDELAUD D., 1983.- Les réseaux de drainage superficiel et leur colonisation par *Lymnaea truncatula* Muller. A propos de quatre années d'observations en Haute-Vienne, France. *Ann. Rech. Vét.*, **14**, 57-63.
- RONDELAUD D., VIGNOLES P., ABROUS M. & DREYFUSS G., 2001.- The definitive and intermediate hosts of *Fasciola hepatica* in the natural watercress beds in central France. *Parasitol. Res.*, **87**, 475-478.
- RONDELAUD D., HOURDIN P., VIGNOLES P. & DREYFUSS G., 2005.- The contamination of wild watercress with *Fasciola hepatica* in central France depends on the ability of several lymnaeid snails to migrate upstream towards the beds. *Parasitol. Res.*, (sous presse).
- STAT-ITCF, 1988.- Manuel d'utilisation. Institut technique des céréales et des fourrages, Service des études statistiques, Boigneville, 210 p.
- TAYLOR E.L., 1965.- Fascioliasis and the liver-fluke. FAO Agricultural Studies, Roma, n° 64, 235 p.
- VAREILLE L., VAREILLE-MOREL C., DREYFUSS G. & RONDELAUD D., 1996.- L'impact de quelques modifications agronomiques sur les caractéristiques des gîtes à limnées dans les prairies marécageuses sur sol acide. *Ann. Limnol.*, **32**, 97-104.
- VAREILLE-MOREL C., DREYFUSS G. & RONDELAUD D., 1999.- The characteristics of habitats colonized by three species of *Lymnaea* in swampy meadows on acid soil : their interest for fasciolosis control. *Ann. Limnol.*, **35**, 173-178.

