

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

<https://www.unilim.fr/asl/1055>

ASL N°29 | 2020



ANNALES SCIENTIFIQUES DU LIMOUSIN

Les *Annales Scientifiques du Limousin* (ASL) sont publiées par l'Association Universitaire du Limousin pour l'Etude et la Protection de l'Environnement (A.U.L.E.P.E.). Elles sont ouvertes à tous les travaux ayant trait à l'étude du milieu et des écosystèmes en région Limousin et dans toute la France.

La parution est annuelle en version papier et au fil de l'eau en version électronique sur <http://www.unilim.fr/asl>.

Comité éditorial :

Pr. Michel BOTINEAU
Dr. Raphaël DECOU
Dr. Philippe HOURDIN
Dr. Pascal LABROUSSE
Dr Daniel RONDELAUD
Dr Maryline SOUBRAND
Dr. A. VILKS

Laboratoire de Botanique
Faculté de Pharmacie
2, rue du Dr Marcland
87025 LIMOGES Cedex

Service du Bulletin :

- Contre échange régulier de publication périodique à toute personne physique et morale en faisant la demande à la rédaction.
- Par souscription annuelle des membres de l' A.U.L.E.P.E ou des personnes extérieures.

Directeur de la Publication : M. le Président de l' A.U.L.E.P.E.

Secrétaire de Rédaction : M. le Président de l' A.U.L.E.P.E.

Réalisation technique : M. le Président de l' A.U.L.E.P.E.

*Imprimé à Limoges
Service imprimerie
Faculté des Lettres et des Sciences Humaines
87036 Limoges Cedex*

Dépôt légal : 4^{ème} trimestre 2020

EDITO

Chères lectrices et chers lecteurs,

Ce numéro des ASL que vous tenez entre vos mains ou que vous consultez en ligne présente, entre autres, les deux dernières publications issues des travaux de recherche menés par Daniel Rondelaud au laboratoire de Parasitologie de la Faculté de Pharmacie. Elles concernent les *Lymnaeidae* et les parasitoses associées à ces petits mollusques. Une d'entre elles notamment porte sur les conséquences du réchauffement climatique sur ces espèces. Toujours dans le domaine de la Zoologie, vous pourrez découvrir une étude des populations piscicoles du Vianon en Corrèze réalisée par l'équipe de Sébastien Versanne-Janodet. Pour le domaine de la Botanique, vous trouverez dans ce numéro la présentation de l'herbier de René Vallet dont la plupart des échantillons proviennent de Corrèze. Enfin, afin de compléter la couverture des champs naturalistes, Hubert Brill vous présentera la diversité géologique du Limousin qui a été inventoriée par la Commission Régionale du Patrimoine Géologique. Ce travail a permis de réaliser l'inventaire du patrimoine géologique dont une partie des données est désormais disponible en ligne.

Ce numéro des ASL est dédié à la mémoire du Professeur Axel Ghestem qui fut le Président de l'AULEPE pendant près de 40 ans et qui nous a quitté brutalement en fin d'année dernière. Axel Ghestem a largement contribué, avec ses collègues, à l'étude des sites naturels du Limousin et nous pensons évidemment, en premier lieu, à la tourbière des Duges devenue Réserve Naturelle Nationale. De plus, il a largement fait partager cette passion pour le milieu naturel au travers de l'AULEPE (et d'autres associations) et des ASL. Ainsi, il a grandement participé à la diffusion des données naturalistes en Limousin notamment par sa contribution à plus de 20 articles disponibles dans la collection des Annales Scientifiques du Limousin.

Je vous souhaite donc une très bonne lecture et de belles (re)découvertes !

Le Président de l'AULEPE

Pascal LABROUSSE

Répartition des métacercaires de quatre Digènes dans des cressonnières naturelles traversées par de l'eau courante

Philippe VIGNOLES¹, Philippe HOURDIN², Daniel RONDELAUD¹ et Gilles DREYFUSS^{1*}
gilles.dreyfuss@unilim.fr

¹ Laboratoire de Parasitologie, Faculté de Pharmacie, 2, rue du Docteur-Raymond-Marcland, 87025 Limoges Cedex, France.

² Laboratoire de Botanique, Faculté de Pharmacie, 2, rue du Docteur-Raymond-Marcland, 87025 Limoges Cedex, France.

Résumé :

Plusieurs espèces de Digènes utilisent le mollusque *Galba truncatula* comme hôte intermédiaire pour le développement de leurs formes larvaires. Les cercaires, qui sont émises par la limnée, s'enkystent sur diverses plantes aquatiques comme le cresson. Si la liste de ces plantes hôtes est assez bien connue à l'heure actuelle, aucune information n'est, par contre, disponible sur la dispersion et la distribution de ces cercaires par rapport à l'espèce de la plante hôte. Des investigations ont donc été réalisées pendant trois années dans 14 cressonnières naturelles situées dans des rigoles de drainage superficiel et traversées par de l'eau courante. Dans chaque rigole, la population de *G. truncatula* vivait autour de l'émergence d'une source, tandis que la cressonnière était située plus en aval sur le cours même de la rigole. Cinq espèces végétales ont été récoltées au début du mois d'avril et examinées au stéréomicroscope pour y trouver des métacercaires. Des kystes appartenant à quatre Digènes : *Calicophoron daubneyi*, *Fasciola hepatica*, *Notocotylus sp.* et un Echinostomatidé non identifié ont été observés sur ces plantes. La plupart d'entre eux ont été observés sur *Nasturtium officinale* (243 sur 48,7 kg de feuilles et de tiges égouttées), suivis par *Helosciadium nodiflorum* (164 sur 33,4 kg). Sur les autres espèces végétales, il y avait peu de larves : de 18 à 25 par espèce. La plupart des cercaires de *F. hepatica*, de *Notocotylus sp.* et de l'Echinostomatidé se sont enkystées sur les feuilles supérieures et la zone des tiges situées juste sous la surface de l'eau, tandis que celles de *C. daubneyi* se sont fixées sur les feuilles basales et le collet des plantes. De plus, les plantes, sur lesquelles la plupart des cercaires se sont enkystées, poussaient dans la partie la plus en amont de chaque cressonnière (habituellement sur les premiers 50 cm de longueur). Lorsque l'eau courante dans les cressonnières était plus rapide, la distribution des métacercaires était plus limitée et leur nombre était inférieur à celui observé dans les stations alimentées par un lent débit d'eau. Les plantes qui poussent sur la section la plus en amont d'une cressonnière située dans une rigole de drainage superficiel sont les plus utilisées par les cercaires des quatre Digènes pour leur enkystement. La vitesse du courant d'eau affecte le nombre et la distribution des métacercaires dans une cressonnière.

Mots clés : *Calicophoron daubneyi*, cressonnière, *Fasciola hepatica*, Haute-Vienne, *Helosciadium nodiflorum*, métacercaire, *Nasturtium officinale*.

Distribution of metacercariae of several Digenea in wild watercress beds crossed by running water

Abstract:

Several species of Digenea use the snail *Galba truncatula* as an intermediate host for the development of their larval forms. Cercariae, which exited from the snail, encyst on various aquatic plants such as watercress. Although the list of these host plants is fairly well known at present, no information is available on the dispersion and distribution of these cercariae relative to the host plant species. Field investigations were therefore carried out for three years in 14 wild watercress beds located in open drainage furrows and crossed by running water. In each furrow, the population of *G. truncatula* lived around the emergence of a spring, while the bed was located further downstream on the course of the furrow. Five plant species were harvested in early April and examined for metacercariae using a stereomicroscope. Cysts belonging to four Digenea: *Calicophoron daubneyi*, *Fasciola hepatica*, *Notocotylus sp.* and an unidentified echinostomatid

were observed on these plants. Most of these were observed on *Nasturtium officinale* (243 on 48.7 kg of drained leaves and stems), followed by *Helosciadium nodiflorum* (164 on 33.4 kg). On the other plant species, there were few larvae: from 18 to 25 per plant species. Most of the *F. hepatica*, *Notocotylus sp.* and echinostomatid cercariae formed cysts on the upper leaves and the area of stems just under the water surface, while those of *C. daubneyi* settled on the basal leaves and collar of the plants. In addition, the plants, on which most of these cercariae are encysted, grew in the most upstream part of each watercress bed (usually on the first 50 cm in length). When running water in the watercress bed was fast, the distribution of metacercariae was more limited and fewer in number than in the stations fed by a slow flow of water. Plants that grow on the most upstream section of a watercress bed in an open drainage furrow are the most used by cercariae of the four Digenea for their encystment. The speed of the water flow affects the number and distribution of metacercariae in the bed.

Key words: *Calicophoron daubneyi*, *Fasciola hepatica*, Haute-Vienne, *Helosciadium nodiflorum*, metacercaria, *Nasturtium officinale*, watercress bed.

Introduction

Le cresson de fontaine ou cresson officinal (*Nasturtium officinale* R. Brown, 1812 in W.T. Aiton, 1812) fait partie des plantes potagères que l'homme utilise dans son alimentation. Cette espèce est connue pour sa richesse en vitamines, notamment en vitamine C, et pour ses sels minéraux (Van den Bruel, 1966 ; Grubben et Denton, 2004). Sa saveur un peu âcre est due à la présence de hétérosides sulfurés (glucosinolates) qui sont à l'origine du soufre présent dans la plante (Grubben et Denton, 2004 ; Schauenberg et Paris, 2016). Les caractéristiques particulières de cette plante aquatique expliquent en grande partie la culture de celle-ci dans des « cressonnières artificielles » constituées par des bacs ou des fosses parcourues par un courant lent et régulier d'une eau claire et peu acide (Matern *et al.*, 2011 ; Virassamy, 2016). La réglementation française impose que cette eau ne provienne que de sources ou de puits artésiens. Elle exclut toute eau de surface, ainsi que des eaux de source qui, avant d'arriver dans les bassins, effectuent un long trajet ou un trajet à risque, par exemple, lors d'un passage par une pâture (Houin, 2009). Cette pratique culturale s'est essentiellement développée en France depuis 1810 avec une concentration des cressonnières dans le sud de l'Ile-de-France (Essonne). On assiste cependant à une diminution constante dans le nombre

de ces exploitations depuis les années 1960 en raison de la désaffection des générations les plus jeunes pour cet aliment (Morizot, 2018).

Comme *N. officinale* pousse spontanément sur le territoire français en de nombreux points (<https://www.tela-botanica.org/bdtfx-nn-43852-synthese>), de nombreuses personnes dans le passé ont délaissé le cresson de culture commerciale produit dans les plantations agréées et ont consommé des échantillons de plante prélevés dans le milieu naturel. Ce « cresson sauvage » n'est cependant pas sans danger car les feuilles et les tiges sont parfois porteuses de stades larvaires de parasites (métacercaires). Le plus connu d'entre eux est *Fasciola hepatica* Linnaeus, 1758, à l'origine de la distomatose hépatique (« maladie de la grande douve du foie ») lorsque les métacercaires de cette espèce sont ingérées par l'homme ou les animaux (Taylor, 1965 ; Mas-Coma *et al.*, 2018 ; Ortega and Sterling, 2018). La présence de ces parasites sur ce « cresson sauvage » fut à l'origine de plusieurs épidémies importantes de distomatose chez l'homme comme celle survenue en 1968 et 1969 dans les trois départements du Limousin (Rondelaud *et al.*, 2000 ; Vignoles *et al.*, 2019). Mais d'autres types de métacercaires ont également été identifiés sur ce cresson comme celles de *Calicophoron daubneyi* Dinnik, 1962

(« parasite de la panse des ruminants ») ou de *Notocotylus sp.* (Rondelaud, 2004). La présence de ces métacercaires est à l'origine de la mauvaise réputation que le « cresson sauvage » a dans la population et des mises en garde que de nombreux sites Internet diffusent sur le Web.

Lors d'une enquête épidémiologique sur les cas de distomatose humaine survenus entre 1970 et 2006 dans le Limousin, 252 points d'eau colonisés par *N. officinale* ont été identifiés (Rondelaud *et al.*, 2009). Malgré leur superficie qui est réduite (< 2 m²) dans la plupart des cas, ces points d'eau ont été considérés par notre équipe comme des « cressonnières naturelles » (Rondelaud, 1978, 1980). Deux types de plantations, l'un dans les sites avec un sédiment vaseux et une eau stagnante et l'autre dans des endroits avec un sédiment sableux et une eau courante, ont été reconnus dans la Haute-Vienne. Selon le type de la plantation, la densité du cresson et les espèces végétales compagnes présentent des différences (Descubes-Gouilly *et al.*, 1986). Les observations ultérieures effectuées par notre équipe dans ces sites ont porté essentiellement sur la recherche des métacercaires et leur dénombrement en relation avec la cressonnière et l'espèce de la plante hôte (Rondelaud *et al.*, 2001 ; Rondelaud, 2004 ; Dreyfuss *et al.*, 2005). D'après les études de Rondelaud (2004) et de Dreyfuss *et al.* (2005) sur les métacercaires de *F. hepatica*, la charge moyenne en kystes est faible (de 2,6 à 6,3 par site) dans les points d'eau colonisés par *N. officinale* en Haute-Vienne et l'on note une grande variation dans le nombre de ces cressonnières parasitées en fonction des années de l'étude. La distribution de ces métacercaires semble être indépendante de l'espèce de la plante hôte car Dreyfuss *et al.* (2005) notent un nombre sensiblement identique de kystes sur *N. officinale* et le faux cresson : 51,5 % sur *N. officinale* et 48,4 % sur *Helosciadium nodiflorum* (Linnaeus) W.D.J. Koch, 1824.

Malgré ces recherches, il reste encore des inconnues dans la contamination des cressonnières par les cercaires des parasites (Beesley *et al.*, 2018). La question soulevée à plusieurs reprises par des consommateurs locaux de « cresson sauvage » était de savoir si tous les spécimens de *N. officinale* étaient porteurs de métacercaires dans le point d'eau où ces personnes effectuaient leur cueillette, ou s'il existait une zone préférentielle de la cressonnière naturelle dans laquelle les cercaires des Digènes s'enkystaient sur les plantes présentes. D'après Rondelaud *et al.* (2009) et Dreyfuss *et al.* (2015), les cercaires de *F. hepatica* émises par la limnée hôte s'enkystent sur les plantes les plus proches du mollusque lorsque l'eau de la cressonnière est stagnante. Mais nous n'avons aucune idée sur ce qui se passe lorsque la cressonnière est parcourue par de l'eau courante. Devant cette inconnue dans nos connaissances, 14 rigoles de drainage superficiel sur sols acides, colonisées par *N. officinale* ont été sélectionnées en avril-mai 2014 dans le nord de la Haute-Vienne et des investigations y ont été effectuées pendant trois années successives (2016-2018) afin de répondre aux questions suivantes : comment s'effectue la dispersion des cercaires de Digènes lorsque le cresson et les espèces compagnes sont situés en aval des mollusques dans un habitat parcouru par de l'eau courante ? Est-ce que l'enkystement des cercaires sur la plante hôte se produit dans toute la cressonnière ou seulement dans une zone préférentielle la plus proche du mollusque hôte ? Est-ce que les conditions pour l'enkystement des cercaires sont identiques pour les diverses espèces de parasites qui utilisent le cresson comme plante hôte ? Les trois années de l'étude se sont révélées nécessaires afin d'avoir des chiffres significatifs car la contamination des cressonnières naturelles par les cercaires des Digènes présente de grandes variations en fonction des années (Dreyfuss *et al.*, 2004). Plusieurs données sur les métacercaires de *F. hepatica* ont

déjà été publiées (Rondelaud *et al.*, 2020). La présente note rapporte des informations non publiées sur *F. hepatica* et des données sur les métacercaires de trois autres Digènes que l'on rencontre dans les cressonnières naturelles sur sol acide.

Matériel et méthodes

2.1. Cressonnières prospectées

Sur les 252 cressonnières naturelles recensées dans le Limousin, 14 d'entre elles ont été sélectionnées dans le nord de la Haute-Vienne. Il s'agissait de rigoles de drainage superficiel, situées dans des prairies marécageuses permanentes sur un sous-sol granitique (8 cas) ou gneissique (6 cas). La localisation de ces cressonnières dans le nord du département est précisée sur la figure 1. Le nombre de rigoles étudiées en fonction de leur type, de leur longueur, de leur superficie, de la vitesse du courant d'eau qui y circule et de la hauteur de celle-ci au début du mois d'avril est, d'autre part, fourni dans le tableau 1. Ces points d'eau ont été sélectionnés en raison des nombreuses métacercaires que notre équipe a décomptées sur le « cresson sauvage » entre 1990 et 2004 (Rondelaud, 2004 ; Dreyfuss *et al.*, 2005). Dans les 14 prairies, la population du mollusque hôte : *Galba truncatula* (O.F. Müller, 1774), était répartie autour de l'émergence d'une source (à l'extrémité amont de la rigole) tandis que la cressonnière était localisée plus en aval sur le cours même de la rigole. La distance entre les limnées les plus excentrées autour de la source et le premier pied de cresson était différente selon les rigoles : de 0,1 à 0,3 m dans le cas de 5 rigoles, de 1,1 à 1,8 m pour 4 rigoles et de 3,0 à 3,5 m pour les 5 dernières (Tableau 1).

Deux types de rigoles ont été considérés dans ce travail en fonction de la vitesse du courant qui y circule (Tableau 1). Les sept rigoles du premier type étaient chacune alimentées par une source permanente ou temporaire, avec un écoulement lent. Leur largeur ne dépassait pas 45 cm pour une profondeur moyenne

de 20 cm. Le sédiment était largement constitué par de la vase avec parfois du gravier et du sable. Les sept autres rigoles étaient chacune parcourues par de l'eau provenant aussi d'une source, mais avec un courant plus rapide. Leur largeur était identique à celle mentionnée ci-dessus pour le premier groupe, mais leur profondeur était plus grande : 30 cm en moyenne. A l'inverse des rigoles précédentes, le sédiment était principalement constitué par du sable, avec de rares plages de boue. Dans les 14 cressonnières, le pH de l'eau courante était compris entre 6,2 et 7, tandis que la concentration des ions calcium dissous était inférieure à 20 mg/L (Descubes-Gouilly *et al.*, 1986 ; Guy *et al.*, 1996). Les pieds de *N. officinale* y étaient peu nombreux et répartis sur le cours des rigoles. Par contre, d'autres macrophytes étaient présents dans ces cressonnières. En plus de *N. officinale*, notre étude a porté sur les espèces qui étaient les plus abondantes : *H. nodiflorum* (12 cressonnières), *Juncus effusus* Linnaeus, 1753 (11 cressonnières), *Veronica beccabunga* Linnaeus, 1753 (7 cressonnières) et *Callitriche sp.* (5 cressonnières). Les autres espèces végétales qui n'étaient représentées que par un ou deux pieds dans chaque cressonnière n'ont pas été étudiées dans le cadre de ce travail.

Dans le nord de la Haute-Vienne, le climat de type continental est fortement modulé par les vents humides qui proviennent de l'Océan Atlantique. Selon l'année, la pluviométrie annuelle moyenne varie de 800 à 1000 mm, tandis que la température annuelle moyenne varie de 3,1° C à 4,1° C en janvier et de 18,6° C à 19,3° C en juillet selon les municipalités (<https://fr.climate-data.org>).

2.2. Protocole des investigations

Chaque année, deux opérations ont été effectuées dans chaque cressonnière. Dans un premier temps, les quelques plantes

présentes dans la rigole entre la population de *G. truncatula* et le premier pied de cresson ont été arrachées à la fin février afin de créer une zone exempte de macrophytes (Fig. 2) et d'éviter ainsi la fixation éventuelle des cercaires sur ces derniers. Comme les émissions cercariennes de *G. truncatula* ont lieu généralement à partir de la mi-mars (Rondelaud *et al.*, 2009), la seconde étape a été effectuée au début du mois d'avril et a porté sur la récolte de cinq espèces végétales dans chaque cressonnière (*Callitriche* sp., *H. nodiflorum*, *J. effusus*, *N. officinale* et *V. beccabunga*) lorsque ces plantes sont présentes. Ces espèces ont été sélectionnées en raison de leur abondance relative dans ces rigoles (voir ci-dessus) et aussi des surfaces lisses que leurs tiges ou leurs feuilles présentent, ce qui permet une bonne adhésion des larves à la plante (Pêcheur, 1967, 1974 ; Hodasi, 1972).

La vitesse du courant à la sortie de chaque cressonnière et la hauteur de l'eau ont d'abord été mesurées chaque année au début du mois d'avril grâce à deux relevés effectués entre 10 et 11 heures du matin avec un intervalle de trois jours entre les deux mesures. La distance entre le centre de chaque plante (avec une ou plusieurs tiges) et l'extrémité amont de la cressonnière a été déterminée dans un deuxième temps. La position de chaque plante par rapport à la largeur de la rigole de drainage a été précisée dans un troisième temps. Les parties submergées et parfois émergées de chaque plante ont été recueillies en coupant celle-ci au niveau du collet (sans les racines) et ont été introduites dans un sac individuel avec une étiquette indiquant l'espèce végétale et les valeurs des distances par rapport à l'extrémité amont de la cressonnière et la largeur de la rigole. Après leur transport au laboratoire, les tiges et les feuilles de chaque plante ont été placées pendant 12 heures à la température ambiante pour leur permettre de s'égoutter avant d'être pesées. Elles ont enfin été examinées au

stéréomicroscope au grossissement x 4 ou x 10 afin d'y rechercher des métacercaires de *F. hepatica* ou celles d'autres Digènes fixées sur la plante. Comme la plupart des tiges et des feuilles (à l'exception de *J. effusus*) sont encore submergées au début du mois d'avril et que lesdites feuilles sont souvent dans un plan horizontal ou légèrement oblique, l'observation de chaque plante a été réalisée depuis l'extrémité supérieure de chaque tige et des feuilles correspondantes jusqu'au collet du végétal. Cette méthode nous a permis de noter *i*) le segment sur lequel chaque cercaire s'est enkystée et *ii*) la distance linéaire verticale entre le site de chaque enkystement et un plan horizontal passant par la base du végétal (zone du collet).

Comme Rondelaud (2004) et Dreyfuss *et al.* (2005) ont effectué leurs recherches dans le même type de cressonnières naturelles sur sols acides, les métacercaires fixées de quatre Digènes : *C. daubneyi*, *F. hepatica*, *Notocotylus* sp. et un Echinostomatidé (*Echinostoma* sp.), ont été recherchées sur ces plantes. Les critères morphologiques permettant d'identifier ces larves ont déjà été fournis dans deux synthèses sur *G. truncatula* (Rondelaud *et al.*, 2009 ; Dreyfuss *et al.*, 2015). Les quelques métacercaires flottantes observées sur ces plantes (Esclaire *et al.*, 1989 ; Vareille-Morel et Rondelaud, 1991 ; Vareille-Morel *et al.*, 1993), reconnaissables à la collerette autour de chaque kyste, n'ont pas été retenues dans le cadre de ce travail en raison des difficultés pour identifier l'espèce du Digène. Aucune étude en biologie moléculaire n'a été effectuée sur ces métacercaires, qu'elles soient fixées ou flottantes.

2.3. Paramètres étudiés

Les valeurs individuelles relevées pour les métacercaires dans chaque type de cressonnière (avec un écoulement lent de l'eau ou avec un courant plus rapide) au cours des trois années de l'enquête ont été

regroupées afin d'obtenir des chiffres assez élevés car le nombre de métacercaires est généralement faible dans les cressonnières naturelles du Limousin (Rondelaud, 2004 ; Dreyfuss *et al.*, 2005).

Les deux premiers paramètres sont le poids total des plantes pour chaque espèce végétale après un égouttement de 12 heures à température ambiante et le nombre de métacercaires identifiées pour chaque espèce de Digène. Leur étude a été réalisée en trois temps :

- (i) La distribution de ces larves a d'abord été analysée par rapport à chaque espèce végétale. Le test exact de Fisher a été utilisé pour analyser la distribution des diverses catégories de métacercaires dans les deux types de cressonnières pour chaque espèce végétale, tandis que la fonction Fisher.multcomp du package RVAideMemoire (R Core Team, 2016) a été employée comme test post-hoc afin d'effectuer des comparaisons par paires. Nous avons également étudié la charge en métacercaires de *F. hepatica* et celle de *C. daubneyi* pour un kg de plantes égouttées afin de déterminer quelle était l'espèce végétale que les cercaires utilisaient le plus pour s'enkyster. Cette étude a été effectuée sur l'ensemble des métacercaires sans tenir compte du type des cressonnières. Les valeurs individuelles ont, dans ce cas, été d'abord analysées à l'aide du test de normalité de Shapiro-Wilk (Shapiro et Wilk, 1965). Comme la distribution de ces valeurs n'était pas normale, le test de Kruskal-Wallis a été utilisé pour établir des niveaux de signification statistique.

- (ii) La distribution des métacercaires par rapport au segment végétal sur lequel chaque cercaire s'est enkystée a été étudiée dans un deuxième temps. Les valeurs notées dans les deux types de cressonnières ont été regroupées pour cette étude. Les kystes ont été classés dans l'une ou l'autre des catégories suivantes : face supérieure des feuilles, face inférieure des mêmes feuilles, tiges de la plante.

- (iii) Le même protocole a été utilisé dans un troisième temps pour étudier la

hauteur des sites, où les cercaires se sont enkystées, par rapport au collet de chaque plante. Les valeurs individuelles ont été classées dans l'une ou l'autre des catégories suivantes : 0-5 cm, 5,1-10 cm, 10,1-15 cm, 15,1-20 cm et > 20 cm.

Le troisième paramètre est la distance relative entre chaque plante porteuse de métacercaires et l'extrémité amont de chaque cressonnière. Cette dimension a été exprimée sous forme de sections longues de 50 cm afin de classer ces larves par rapport à la position de chaque plante. Le dernier paramètre concerne la position de chaque plante par rapport à la largeur de la rigole de drainage (45 cm) et a été exprimé sous forme de sections larges de 15 cm. Ces distances ont été calculées pour l'ensemble des métacercaires car nous n'avons pas constaté de différence nette dans les deux types de distances par rapport à l'espèce du Digène. Les valeurs individuelles notées pour chaque paramètre ont été ramenées à une moyenne, encadrée d'un écart type, en tenant compte du type de cressonnières et de la longueur de rigole sans macrophyte, située entre les limnées les plus excentrées de la population et le premier pied de cresson situé en aval. Ces valeurs ont été analysées à l'aide du test de normalité de Shapiro-Wilk (Shapiro et Wilk, 1965). Comme les distributions de ces valeurs n'étaient pas normales, le test de Scheirer-Ray-Hare, complété par le test post-hoc de Siegel et Castellan, a été utilisé pour établir les niveaux de signification statistique. Toutes les analyses ont été effectuées à l'aide du logiciel R 3.3.0 (R Core Team, 2016).

La nomenclature utilisée pour les plantes est celle que le Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris a adoptée pour la dénomination de ces cinq espèces végétales (<https://inpn.mnhn.fr/accueil/recherche-de-donnees/especes>).

Résultats

Le nombre total de métacercaires fixées observées sur les cinq espèces végétales varie selon l'espèce du Digène : 368 kystes pour *F. hepatica*, 77 pour *C. daubneyi*, 20 pour *Notocotylus sp.* et seulement 4 kystes pour l'Echinostomatidé.

3.1. Distribution des métacercaires en fonction de la vitesse du courant

Le tableau 2 indique la distribution de ces larves dans les deux types de cressonnières par rapport *i*) à la vitesse de l'eau courante et *ii*) la longueur de la zone sans macrophyte. Dans les rigoles alimentées par une source à débit lent, le nombre de kystes diminue lorsque la longueur de la zone sans macrophyte augmente. Si l'on considère le cas de *F. hepatica*, les métacercaires diminuent en nombre jusqu'à 50 kystes lorsque la longueur de rigole sans macrophyte dépasse 3 m. Le même résultat a été observé dans les rigoles alimentées par une source à courant plus rapide, mais la diminution du nombre de métacercaires est plus marquée : de 93 à 4 kystes, respectivement. Malgré cette diminution apparente, la comparaison des moyennes entre les deux types de cressonnières n'a pas montré de différence significative, quel que soit le Digène considéré. Par contre, le nombre de métacercaires est significativement plus faible (*C. daubneyi* : $p < 5\%$; *F. hepatica* : $p < 1\%$:) dans les cressonnières parcourues un courant rapide que dans leurs homologues avec un débit plus lent lorsque la longueur de la zone sans macrophyte est supérieure à 3 m.

3.2. Distribution en fonction de la plante hôte

La plupart des kystes de *F. hepatica* (Tableau 3) ont été trouvés sur *N. officinale* : 115 au total dans des cressonnières alimentées par un débit d'eau lent et 73 dans celles parcourues par un courant plus rapide. Le nombre de ces

larves était moindre sur *H. nodiflorum* : 63 et 62 kystes par ordre respectif. Sur les trois autres espèces végétales, ce nombre était faible : de 13 à 16 kystes selon l'espèce dans les cressonnières à faible débit d'eau, de 1 à 6 dans les autres. Par rapport à la quantité de feuilles et de tiges échantillonnées pour chaque espèce végétale, le nombre de métacercaires décomptées pour 1 kg de plantes est faible. Les valeurs moyennes relevées chez *Callitriche sp.* ($3,6 \pm 0,7$ kystes par kg de plantes), *H. nodiflorum* ($3,7 \pm 0,6$ kystes/kg) et *N. officinale* ($3,8 \pm 0,7$ kystes/kg) sont assez proches alors que la charge moyenne en métacercaires est significativement plus faible ($H_4 = 35,52$, $p < 0,1\%$) chez *J. effusus* ($1,9 \pm 0,4$ kystes/kg) et *V. beccabunga* ($1,0 \pm 0,4$ kystes/kg).

Comme pour les métacercaires de *F. hepatica*, celles de *C. daubneyi* (Tableau 3) sont plus nombreuses sur *N. officinale* que sur *H. nodiflorum* : 25 au lieu de 22 dans les cressonnières parcourues par un écoulement d'eau lent, 18 au lieu de 9 dans celles avec un courant plus rapide. Sur les trois autres espèces végétales, les kystes sont en très faible nombre à raison d'une seule larve par espèce. La comparaison des charges moyennes en métacercaires n'a pas révélé de différence significative pour *N. officinale* ($0,8 \pm 0,3$ kystes par kg de plantes) comme pour *H. nodiflorum* ($0,9 \pm 0,4$ kystes/kg). Les kystes de *Notocotylus sp.* (Tableau 3) sont nettement moins nombreux : 20 au total, et leur distribution affecte quatre espèces végétales avec 11 d'entre eux sur *N. officinale* et 6 sur *H. nodiflorum*, si l'on ne tient pas compte du type de cressonnières. Aucune différence significative n'a été relevée dans la distribution de ces métacercaires, quelle que soit l'espèce de la plante. Les quatre métacercaires de l'Echinostomatidé (Tableau 3) ont une distribution assez hétérogène avec des cercaires qui se sont enkystées sur l'une ou l'autre des plantes appartenant à trois espèces, quel que soit le groupe des cressonnières.

Des métacercaires de Digènes différents ont été observées parfois sur le même spécimen végétal. C'est ainsi que des kystes de *F. hepatica* et de *C. daubneyi* ont été identifiés sur *N. officinale* (4 plantes), *H. nodiflorum* (1) et *V. beccabunga* (1). D'autres métacercaires de *F. hepatica* et de *Notocotylus sp.* ont également été trouvées sur un spécimen de *H. nodiflorum*. Enfin, des kystes de *F. hepatica*, de *C. daubneyi* et de l'Echinostomatidé ont été observés sur le même plant de *N. officinale* (résultats non représentés).

3.3. Distribution en fonction du point d'enkystement sur la plante hôte

Le tableau 4 indique la répartition des métacercaires des deux Digènes les plus abondants par rapport au segment végétal sur lequel les cercaires se sont enkystées. Dans le cas de *F. hepatica*, 219 métacercaires sur un total de 368 (soit 59,5 %) ont été observées sur la face inférieure des feuilles alors que 112 (30,4 %) ont été notées sur la face supérieure et les 37 autres sur les tiges de ces plantes. L'enkystement sur la face inférieure des feuilles est plus net dans le cas de *C. daubneyi* car 54 kystes sur un total de 77 (70,1 %) y ont été observés tandis que 22 (28,5 %) ont été trouvés sur la partie inférieure des tiges. A l'inverse des deux Digènes précédents, 18 métacercaires de *Notocotylus sp.* (sur 20) et les quatre kystes de l'Echinostomatidé (résultats non représentés) ont été identifiés sur la face supérieure des feuilles appartenant à quatre espèces végétales. Cependant le faible nombre de ces kystes ne permet pas de dégager des résultats significatifs sur le secteur des plantes sur lequel la plupart des cercaires de ces deux Digènes s'enkystent.

La distance linéaire verticale entre le site d'enkystement des cercaires et le collet de leur plante hôte est, de plus, précisée sur le tableau 5. Les sections les plus utilisées par les cercaires de *F. hepatica* sont comprises entre 10,1 et 20 cm de hauteur, quelle que soit l'espèce végétale : 329

larves sur un total de 368 (soit 89,4 %) se sont enkystées sur l'une ou l'autre de ces deux sections. Au-dessus de 20 cm de hauteur, les kystes de ce Digène ne représentent que 9,4 % (34/368). A l'inverse de *F. hepatica*, tous les kystes de *C. daubneyi* ont été observés sur leur plante hôte jusqu'à 10 cm de hauteur. Quant aux deux autres Digènes (résultats non représentés), les sites de l'enkystement sont tous entre 10,1 et 20 cm de hauteur.

3.4. Position des métacercaires par rapport à l'extrémité amont de la cressonnière

La figure 3 a été construite avec l'ensemble des chiffres que nous avons notés pour les deux types de cressonnières et les trois catégories de longueur pour les zones sans macrophytes. La plupart des cercaires se sont enkystées sur les plantes situées dans la partie la plus en amont de chaque plantation naturelle, généralement sur celles qui poussent sur les 50 premiers centimètres. Aucune métacercaire n'a été trouvée dans la partie aval de chaque cressonnière. De plus, la répartition des kystes sur les plantes varie aussi en fonction de la longueur de la rigole dépourvue de macrophytes. Dans les cressonnières traversées par un courant lent, les métacercaires ont été découvertes sur une distance de 2 m et le nombre de celles-ci diminue progressivement depuis les 50 cm les plus en amont jusqu'à la section des 1,5-2 m (Fig. 3a). Dans celles qui sont parcourues par un courant plus rapide, les métacercaires ont été observées sur une distance plus courte : 1,5 m si la longueur de la zone sans macrophyte est inférieure à 30 cm, 1 m seulement lorsque cette longueur est plus importante. La diminution numérique des métacercaires depuis les 50 cm les plus en amont est aussi plus marquée, en particulier lorsque la longueur de la zone sans macrophyte est supérieure à 1 m (Fig. 3b). Le débit de l'eau courante ($H_1 = 24,59$; $p < 0,1$ %) et la longueur de la zone sans macrophyte ($H_2 = 15,24$; $p < 0,1$ %) ont un effet

significatif sur la répartition des métacercaires dans ces cressonnières, alors que l'influence des autres facteurs testés n'est pas nette.

Le tableau 6 montre la répartition des métacercaires des quatre Digènes par rapport à la distance entre la plante hôte et l'extrémité amont de chaque cressonnière. Dans les rigoles où l'eau circule avec un débit lent, les cercaires de *F. hepatica* et celles de l'Echinostomatidé peuvent nager ou être entraînées par le courant jusqu'à 2 m dans la cressonnière avant de s'enkyster sur une plante. Les distances parcourues sont moins élevées pour celles de *C. daubneyi* et de *Notocotylus sp.* : moins de 1,5 m de distance après l'entrée de ces cercaires dans la cressonnière. Dans les rigoles avec un courant plus rapide, une cercaire de *F. hepatica* a pu nager ou être entraînée par le courant jusqu'à la section des 1-1,5 m dans l'une des cressonnières tandis que les cercaires de *C. daubneyi* et de *Notocotylus sp.* ne dépassent pas la section des 0,5-1 m.

3.5. Position des métacercaires par rapport à la largeur de la cressonnière

Le tableau 7 montre la répartition de ces larves par rapport à la position des plantes hôtes dans les rigoles de drainage. Les larves sont plus nombreuses dans les deux secteurs périphériques de la rigole que dans la section centrale, quel que soit le type de cressonnière. C'est ainsi que dans les rigoles à écoulement lent, 41,9 % et 31,8 % des métacercaires ont été observées, respectivement, sur des plantes présentes dans les sections 1-15 cm et 30,1-45 cm, tandis que 26 % seulement ont été notées dans la section centrale. Les chiffres sont encore plus nets dans le cas des rigoles avec un courant plus rapide : 47 % et 36,7 % des métacercaires dans les secteurs périphériques des rigoles et seulement 16,2 % dans le secteur central. Aucune différence significative entre trois sections des rigoles n'a été relevée pour les nombres de métacercaires, toutes les espèces étant confondues.

Discussion

Des métacercaires appartenant à quatre espèces de Digènes ont été identifiées dans les 14 cressonnières étudiées. La liste de ces espèces est en accord avec les données que Rondelaud (2004) et Dreyfuss *et al.* (2005) ont rapportées dans d'autres cressonnières sur les sols acides du Limousin. La présence des métacercaires de *F. hepatica* et de *C. daubneyi* s'explique facilement par le fait que les adultes de ces deux Digènes parasitent souvent les mêmes bovins en France (Szmidi-Adjidé *et al.*, 2000) comme en Espagne (Diaz *et al.*, 2007 ; Iglesias-Piñero *et al.*, 2016) ou au Royaume-Uni (Gordon *et al.*, 2013 ; Jones *et al.*, 2017a, b, 2018). Des formes larvaires de notocotyles ont également été rapportées chez *G. truncatula* en Espagne (Simon-Vicente *et al.*, 1985 ; Manga-González *et al.*, 1994) comme en France (Hourdin *et al.*, 1991 ; Rondelaud *et al.*, 2016). C'est également le cas pour plusieurs espèces d'échinostomes (Vassilev et Kamburov, 1972 ; Kanev, 1985, 1994 ; Skovronsky, 1985 ; Kostadinova, 1995 ; Rondelaud *et al.*, 2016).

Si l'on considère les rigoles avec une zone dépourvue de macrophyte et supérieure à 3 m, la diminution dans le nombre des kystes est plus grande dans les eaux à débit rapide que dans celles à faible courant (Tableau 2). La revue de la littérature sur le problème du parasitisme dans les cressonnières, qu'elles soient commerciales ou naturelles, ne permet pas de fournir une explication pour commenter ces résultats. Cette diminution dans le nombre des kystes peut simplement être due à un nombre plus faible de cercaires émises par *G. truncatula* dans certaines rigoles car on ne connaît pas le nombre de ces larves que chaque population de limnées libère au départ. Deux autres hypothèses, peut-être complémentaires, peuvent également être proposées. La première est d'admettre que dans la zone sans macrophyte, de nombreuses cercaires s'enkystreraient sur un support autre qu'une

plante de sorte que le nombre de kystes sur les plantes de la cressonnière diminuerait lorsque la longueur de cette zone augmente. La deuxième hypothèse est l'élimination de nombreuses cercaires lorsque la vitesse du courant d'eau circulant dans les cressonnières augmente. Cette dernière supposition s'appuie sur les résultats que nous avons notés dans les plantations à courant assez rapide (Fig. 3b).

Parmi les cinq espèces végétales étudiées, le cresson officinal et *H. nodiflorum* ont été les plus utilisés par les cercaires des quatre Digènes pour s'enkyster. Ces résultats sont en accord avec les observations que Rondelaud (2004) et Dreyfuss *et al.* (2005) ont réalisées dans 59 cressonnières naturelles pendant 15 années. D'après ces auteurs, 1165 métacercaires de *F. hepatica*, 1056 de *C. daubneyi* et neuf de *Notocotylus sp.* ont été dénombrées sur *N. officinale*, tandis que 1097, 222 et deux kystes par ordre respectif ont été observés sur *H. nodiflorum*. Nos résultats montrent également un nombre plus élevé de métacercaires sur *N. officinale* que sur *H. nodiflorum* : 188 kystes de *F. hepatica*, 43 de *C. daubneyi* et 11 de *Notocotylus sp.* au lieu de 125, 31 et 6 kystes par ordre respectif (Tableau 3). A l'inverse de Rondelaud (2004) et de Dreyfuss *et al.* (2005) qui notent un écart important entre les nombres de métacercaires de *C. daubneyi* sur le cresson et le faux cresson (1056 kystes au lieu de 222), le nombre de ces kystes est sensiblement identique dans notre étude : 43 sur *N. officinale* et 31 sur *H. nodiflorum*. Deux faits peuvent expliquer cet écart entre les nombres de métacercaires sur *H. nodiflorum* : *i*) le faux cresson n'est pas présent dans toutes les cressonnières naturelles sur sol acide, et *ii*) lorsqu'il est présent, son abondance est généralement plus faible que celle de *N. officinale* (Descubes-Gouilly *et al.*, 1986). A l'inverse des deux plantes précédentes, le nombre de métacercaires est faible sur *Callitriche sp.* (sauf dans le cas de *F.*

hepatica), *J. effusus* et *V. beccabunga* (Tableau 3). Il en résulte que *H. nodiflorum* et *N. officinale* seraient les plantes hôtes les plus exploitées par les quatre Digènes pour l'enkystement de leurs cercaires. Cette opinion s'appuie sur les observations de Pécheur (1967). Sur les neuf espèces que cet auteur a proposées aux cercaires de *F. hepatica* dans les conditions du laboratoire, seules trois d'entre elles ont été largement utilisées par ces larves pour s'enkyster.

Sur les plantes hôtes, la plupart des cercaires de *F. hepatica* s'enkystent sur la face inférieure des feuilles, tandis que les métacercaires sont en faible nombre sur les tiges. Ces résultats sont en accord avec les observations que Pécheur (1967, 1974), Hodasi (1972) et Dreyfuss *et al.* (2004) ont rapportées sur les cercaires de ce Digène. D'après Pécheur (1967, 1974), les cercaires s'enkystent principalement sur la face supérieure des feuilles de certaines espèces végétales et sur la face inférieure chez d'autres plantes. Hodasi (1972) note également que l'enkystement des cercaires de *F. hepatica* s'effectue en grande partie sur les feuilles submergées de *Dactylis glomerata* Linnaeus, 1753 (graminée) et que les métacercaires se trouvent plutôt sur les feuilles que sur les tiges de la plante. La localisation des métacercaires de *F. hepatica* sur les sections de la plante comprises entre 10,1 et 20 cm confirme le géotropisme négatif des cercaires de *F. hepatica* (Pécheur, 1967, 1974). D'après cet auteur, les cercaires auraient aussi un phototropisme négatif car elles sont repoussées par une forte lumière. Cependant, ces larves sont capables de remonter à la surface de l'eau et de s'enkyster en grande partie sur les feuilles ou les parois situées sous la surface de l'eau (Dreyfuss *et al.*, 2004 ; Morley, 2015). Dans le cas de *C. daubneyi*, notre étude montre une concentration des métacercaires sur les sections les plus basses de la plante et ce résultat est en accord avec le géotropisme positif et le phototropisme négatif que Dreyfuss *et al.*

(2004) ont notés pour les cercaires de ce Digène. Dans le cas de *Notocotylus sp.* et de l'Echinostomatidé, le faible nombre de métacercaires observées sur la face supérieure des feuilles ne permet pas de dégager un commentaire général sur le segment végétal que choisissent les cercaires de ces deux Digènes pour s'enkyster et les facteurs qui ont une influence sur le choix de ce segment par les cercaires.

Dans les cressonnières situées dans des rigoles de drainage, les plantes qui poussent dans la section la plus en amont (les 50 premiers centimètres) ont été les plus utilisées par les cercaires des quatre Digènes pour s'enkyster, quelle que soit la longueur de la zone sans macrophyte. Le nombre de ces larves sur les plantes a ensuite diminué progressivement en allant vers l'aval, avec une disparition des kystes au-delà de 2 m dans les rigoles à écoulement lent et de 1,5 m lorsque le courant était plus rapide (Tableau 6). Ces résultats sont plus difficiles à interpréter. Les plantes, que l'on trouve dans la section la plus en amont, appartiennent à l'une ou l'autre des espèces étudiées si bien que la préférence des cercaires pour une espèce végétale précise ne peut à elle seule expliquer la concentration de ces larves sur les plantes de cette section. Deux hypothèses, peut-être complémentaires, peuvent être proposées pour expliquer ce résultat. L'effort, que les cercaires fournissent en nageant sur une longue distance et en particulier dans le cas des cressonnières situées à plus de 3 m des limnées les plus proches, entraînerait la réduction du glycogène et des acides gras présents dans le corps de ces larves si bien que ces dernières s'épuiseraient progressivement et s'enkystreraient sur les premières plantes en entrant dans la plantation. Cependant, un entraînement passif de ces larves en aval sous l'effet du courant, les obligeant à s'enkyster dès qu'elles rencontrent un support végétal, ne peut être complètement exclu.

D'après nos résultats, les métacercaires sont nettement plus nombreuses sur les plantes présentes dans les secteurs périphériques des rigoles (0-15 cm et 30,1-45 cm de largeur) que sur celles poussant dans le secteur central, quel que soit le type de cressonnière (Tableau 7). Les remous qui se produisent lors de l'arrivée courante dans la cressonnière, pourraient être à l'origine de cette répartition, en déviant les cercaires vers les secteurs périphériques des rigoles et en provoquant leur fixation et leur enkystement sur des plantes dans ces secteurs périphériques.

Conclusion

Quatre catégories de métacercaires ont été observées sur cinq espèces de plantes provenant de cressonnières naturelles situées dans des rigoles de drainage superficiel sur sols acides. La plupart de ces kystes ont été trouvés sur les feuilles de *N. officinale* et, à un moindre degré, sur celles de *H. nodiflorum*, tandis que les métacercaires sont peu nombreuses sur les trois autres espèces végétales. Les plantes qui poussent dans la section la plus en amont d'une cressonnière sur une rigole de drainage superficiel sont les plus utilisées par les cercaires pour leur enkystement. La vitesse du courant d'eau affecte le nombre et la distribution des métacercaires dans une cressonnière.

L'absence de kystes sur les plantes poussant dans la partie aval de ces cressonnières, c'est-à-dire sur la plus grande longueur de celles-ci, est un premier élément de réponse à la question que plusieurs consommateurs locaux de « cresson sauvage » se posent depuis plusieurs décades. Cependant, il est nécessaire de vérifier ce premier résultat en effectuant des investigations parasitologiques dans des cressonnières naturelles situées dans d'autres collections d'eau (mares, étangs, etc).

Remerciements

Les auteurs remercient A. Morineau (année 2016) et S. Lemerle (2018) pour leur aide dans la récolte des cinq espèces végétales sur le terrain. Ils expriment aussi leur gratitude aux 14 éleveurs pour leur accueil et leur aide dans l'isolement des cressonnières afin d'éviter le piétinement de celles-ci par le bétail.

Bibliographie

Beesley N.J., Caminade C., Charlier J., Flynn R.J., Hodgkinson J.E., Martinez-Moreno A., Martinez-Valladares M., Perez J., Rinaldi L. et Williams D.J.L. 2018. *Fasciola* and fasciolosis in ruminants in Europe: identifying research needs. *Transboundary and Emerging Diseases* **65** (Suppl. 1), 199–216. DOI : 10.1111/tbed.12682.

Descubes-Gouilly C., Rondelaud D., Botineau M., Ghestem A. et Vilks A. 1986. Premières données sur les cressonnières "naturelles" dans la région du Limousin. *Annales Scientifiques du Limousin* **2**, 31–38. DOI : 10.25965/asl.646.

Díaz P., Pedreira J., Sánchez-Andrade R., Suárez J.L., Arias M.S., Francisco I., Fernández G., Díez-Baños P., Morrondo P. et Paz-Silva A. 2007. Risk periods of infection by *Calicophoron daubneyi* (Digenea: Paramphistomidae) in cattle from oceanic climate areas. *Parasitology Research* **101** (2), 339–342. DOI : 10.1007/s00436-007-0493-z.

Dreyfuss G., Abrous M., Vignoles P. et Rondelaud D. 2004. *Fasciola hepatica* and *Paramphistomum daubneyi*: vertical distribution of metacercariae on plants under natural conditions. *Parasitology Research* **94** (1), 70–73. DOI : 10.1007/s00436-004-1173-x.

Dreyfuss G., Vignoles P. et Rondelaud D. 2005. *Fasciola hepatica*: epidemiological surveillance of natural watercress beds in

central France. *Parasitology Research* **95** (4), 278–282. DOI : 10.1007/s00436-004-1269-3.

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

Esclaire F., Audousset J.C., Rondelaud D. et Dreyfuss G. 1989. Les métacercaires "flottantes" de *Fasciola hepatica* L. A propos de quelques observations sur leur structure et leurs variations numériques au cours d'une infestation expérimentale chez *Lymnaea truncatula* Müller. *Bulletin de la Société Française de Parasitologie* **7** (2), 225–228.

Gordon D.K., Roberts L.C.P., Lean N., Zadoks R.N., Sargison N.D. et Skuce P.J. 2013. Identification of the rumen fluke, *Calicophoron daubneyi*, in GB livestock: possible implications for liver fluke diagnosis. *Veterinary Parasitology* **195** (1-2), 65–71. DOI : 10.1016/j.vetpar.2013.01.014.

Grubben G.J.H. et Denton O.A. 2004. *Plant resources of tropical Africa. 2. Vegetables*. PROTA Foundation, Wageningen, 667 p.

Guy F., Rondelaud D., Botineau M., Dreyfuss G. et Ghestem A. 1996. Etude de relations entre les plantes les plus fréquentes et l'abondance de *Lymnaea truncatula* Müller, vecteur de *Fasciola hepatica* Linné dans les prairies marécageuses sur sol acide. *Revue de Médecine Vétérinaire* **147** (6), 465–470.

Hodasi J.K.M. 1972. The output of cercariae of *Fasciola hepatica* by *Lymnaea truncatula* and the distribution of metacercariae on grass. *Parasitology* **65** (1), 431–436. DOI : 10.1017/S0031182000044644.

Houin R. 2009. La fasciolose, une zoonose réémergente ? *Bulletin de l'Académie Vétérinaire de France* **162** (2), 161–164.

Hourdin D., Moukrim A. et Rondelaud D. 1991. L'infestation naturelle de *Lymnaea truncatula* Müller par *Haplometra cylindracea* Zeder et *Notocotylus* sp. A propos de quelques observations de terrain. *Revue de Médecine Vétérinaire* **142** (2), 139–142.

Iglesias-Piñeiro J., González-Warleta M., Castro-Hermida J.A., Córdoba M., González-Lanza C., Manga-González Y. et Mezo M. 2016. Transmission of *Calicophoron daubneyi* and *Fasciola hepatica* in Galicia (Spain): temporal follow-up in the intermediate and definitive hosts. *Parasites and Vectors* **9** (1), 610. DOI : 10.1186/s13071-016-1892-8.

Jones R.A., Brophy P.M., Mitchell E.S. et Williams H.W. 2017a. Rumen fluke (*Calicophoron daubneyi*) on Welsh farms: prevalence, risk factors and observations on co-infection with *Fasciola hepatica*. *Parasitology* **144** (2), 237–247. DOI : 10.1017/S0031182016001797.

Jones R.A., Brophy P.M., Davis C.N., Davies T.E., Emberson H., Rees Stevens P. et Williams H.W. 2018. Detection of *Galba truncatula*, *Fasciola hepatica* and *Calicophoron daubneyi* environmental DNA within water sources on pasture land, a future tool for fluke control? *Parasites and Vectors* **11** (1), 342. DOI : 10.1186/s13071-018-3114-z.

Jones R.A., Williams H.W., Dalesman S., Ayodeji S., Thomas R.K. et Brophy P.M. 2017b. The prevalence and development of digenean parasites within their intermediate snail host, *Galba truncatula*, in a geographic area where the presence of *Calicophoron daubneyi* has recently been confirmed. *Veterinary Parasitology* **240**,

68–74. DOI : 10.1016/j.vetpar.2017.03.021.

Kanev I. 1985. (*On the morphology, biology, ecology and taxonomy of Echinostoma revolutum group (Trematoda: Echinostomatidae: Echinostoma)*). Dissertation Thesis, Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, 467 p.

Kanev I. 1994. Life-cycle, delimitation and redescription of *Echinostoma revolutum* (Froelich, 1802) (Trematoda: Echinostomatidae). *Systematic Parasitology* **28** (2), 125–144. DOI : 10.1007/BF00009591.

Kostadinova A. 1995. *Echinostoma echinatum* (Zeder 1803) *sensu* Kanev (Digenea: Echinostomatidae): a note of caution. *Systematic Parasitology* **32** (1), 23–26. DOI : 10.1007/BF00009464.

Manga-González Y., González-Lanza C. et Kanev I. 1994. *Lymnaea truncatula*, the intermediate host of some Plagiorchiidae and Notocotylidae species in Leon, NW Spain. *Journal of Helminthology* **68** (2), 134–141. DOI : 10.1017/s0022149x00013663.

Mas-Coma S., Bargues M.D. et Valero M.A. 2018. Human fascioliasis infection sources, their diversity, incidence factors, analytical methods and prevention measures. *Parasitology* **145** (13), 1665–1699. DOI : 10.1017/S0031182018000914.

Matern L., Millot C., Moriniaux V. et Tabeaud M. 2011. La culture du cresson en Essonne : valorisation d'un produit, reconnaissance d'un terroir ? *Food Geography* **1**, 6–15.

Morizot M. 2018. Histoire de la culture du cresson. Disponible sur : <https://cressonnieresainteanne.com/histoire-de-la-culture-du-cresson> (consulté le 24 novembre 2019).

Morley N.J. 2015. Ecology of free-living metacercariae (Trematoda). *Advances in Parasitology* **89**, 1–78. DOI : 10.1016/bs.apar.2015.03.004.

Ortega Y.R. et Sterling C.R., 2018. *Foodborne parasites*. 2nd edit. Springer International Publishing AG, Cham, Switzerland, 375 p.

Pécheur M. 1967. La cercaire de *Fasciola hepatica*. Le rôle de la couleur, de la lumière et des plantes sur le choix de l'endroit de fixation. La cercaire est-elle infestante ? *Annales de Médecine Vétérinaire* **111** (6), 349–355.

Pécheur M. 1974. Lutte stratégique contre la distomatose. Comptes-Rendus de Recherches, Travaux du Centre de Recherches sur les Maladies Parasitaires des Animaux Domestiques. IRSIA, Bruxelles, n° 38, 85–150.

R Core Team. 2016. R: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. Disponible sur : <https://www.R-project.org> (consulté le 19 juin 2018).

Rondelaud D. 1978. Les cressonnières à l'origine de cas de distomatose humaine en Haute-Vienne. Etude des Mollusques vecteurs et leur contrôle biologique. *Annales de Parasitologie Humaine et Comparée* **53** (6), 523–530. DOI : 10.1051/parasite/1978536623.

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. *Annales de Parasitologie Humaine et Comparée* **55** (4), 393–405. DOI : 10.1051/parasite/1980554393.

Rondelaud D. 2004. Cressonnières naturelles du Limousin et risques de distomatose humaine à *Fasciola hepatica*. *Annales Scientifiques du Limousin* **15**, 1–14. DOI : 10.25965/asl.381.

Rondelaud D., Dreyfuss G., Bouteille B. et Dardé M.L. 2000. Changes in human fasciolosis in a temperate area. About some observations over a 28-year period in central France. *Parasitology Research* **86** (9), 753–757. DOI : 10.1007/pl00008563.

Rondelaud D., Vignoles P., Abrous M. et Dreyfuss G. 2001. The definitive and intermediate hosts of *Fasciola hepatica* in the natural watercress beds in central France. *Parasitology Research* **87** (6), 475–478. DOI : 10.1007/s004360100385.

Rondelaud D., Vignoles P. et Dreyfuss G. 2009. *La Limnée tronquée, un mollusque d'intérêt médical et vétérinaire*. PULIM, Limoges, 283 p.

Rondelaud D., Vignoles P. et Dreyfuss G. 2016. Larval trematode infections in *Galba truncatula* (Gastropoda, Lymnaeidae) from the Brenne Regional Natural Park, central France. *Journal of Helminthology* **90** (3), 256–261. DOI : 10.1017/S0022149X15000073.

Rondelaud D., Vignoles P. et Dreyfuss G. 2020. *Fasciola hepatica*: the dispersal of cercariae shed by the snail *Galba truncatula*. *Parasite* **27**, 17.

Schauenberg P. et Paris F. 2016. *Guide des plantes médicinales. Analyse, description et utilisation de 400 plantes*. Editions Delachaux et Niestlé, Paris, 396 p.

Shapiro S.S. et Wilk M.B. 1965. An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika* **52** (3-4), 591–611. DOI : 10.1093/biomet/52.3-4.591.

Simon-Vicente F., Mas-Coma S., Lopez-Roman R., Tenora F. et Gallego J. 1985. Biology of *Notocotylus neyrai* Gonzalez Castro, 1945 (Trematoda). *Folia Parasitologica* **33**, 101–111.

Skovronsky R.V. 1985. (*Lymnaea truncatula* as the first and second intermediate hosts of *Echinostoma revolutum* and *Hypoderaeum conoideum*). *Parazitologiya* **19**, 323–324.

Szmidt-Adjidé V., Abrous M., Adjidé C.C., Dreyfuss G., Lecompte A., Cabaret J. et Rondelaud D. 2000. Prevalence of *Paramphistomum daubneyi* infection in cattle in central France. *Veterinary Parasitology* **87** (2-3), 133–138. DOI : 10.1016/s0304-4017(99)00168-5.

Taylor E.L. 1965. *Fascioliasis and the liver-fluke*. FAO Agricultural Studies, Roma, n° 64, 235 pp.

Van den Bruel W.E. 1966. Document annexe. In : Colloque d'information scientifique sur les animaux nuisibles dans les cressonnières, Gembloux, le 18 mai 1966. Centre de Recherches Agronomiques de l'État, Gembloux, Belgique, 78–87.

Vareille-Morel C. et Rondelaud D. 1991. Les métacercaires flottantes de *Fasciola hepatica* L. Etude expérimentale de facteurs sur leur formation. *Bulletin de la Société Française de Parasitologie* **9** (1), 81–85.

Vareille-Morel C., Dreyfuss G. et Rondelaud D. 1993. Premières données sur la dispersion et le devenir des métacercaires flottantes de *Fasciola hepatica* L. *Bulletin de la Société Française de Parasitologie* **11** (1), 63–69.

Vassilev I. et Kamburov P. 1972. (Studies on the ecology of echinostomatids found in domestic fowl in Bulgaria). *Bulletin of the Central Helminthological Laboratory* **15**, 33–48.

Vignoles P., Hourdin P., Dreyfuss G. et Rondelaud D. 2019. Epidémiologie de la fasciolose dans le Limousin : bilan des recherches effectuées depuis les années 1970. *Annales Scientifiques du Limousin* **28**, 39–66. DOI : 10.25965/asl.1030.

Virassamy C. 2016. La culture du cresson à Méréville. Disponible sur : <https://www.culture.gouv.fr/Media/hematiques/Patrimoine-culturel-immateriel/Files/Fiches-inventaire-du-PCI/La-culture-du-cresson-a-Mereville> (consulté le 24 novembre 2019).

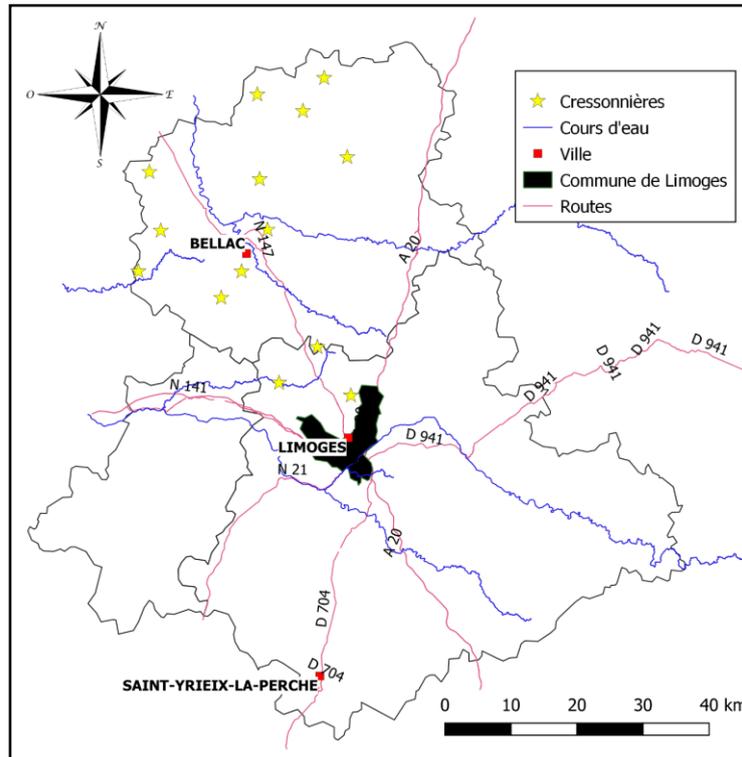


Figure 1 : Localisation géographique des 14 cressonnières naturelles dans le nord du département de la Haute-Vienne. Les limites administratives des trois arrondissements sont également indiquées sur cette figure.

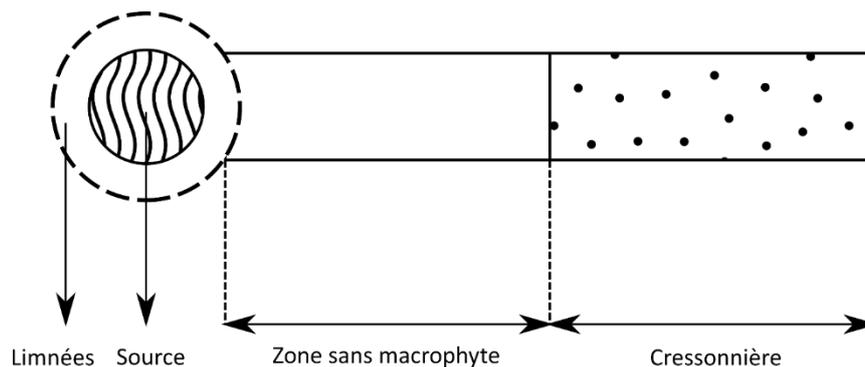


Figure 2 : Représentation schématique de l'extrémité amont d'une rigole de drainage superficielle étudiée dans le cadre de ce travail. Ce schéma montre la zone occupée par les limnées autour de la source, la zone sans macrophyte, d'étendue variable selon la rigole, et la cressonnière située plus en aval. Superficie de l'habitat avec *Galba truncatula* : de 1,2 à 1,7 m². Longueurs de la zone sans macrophyte et de la cressonnière : de 0,13 à 3,5 m et de 6,3 à 12,2 m par ordre respectif.

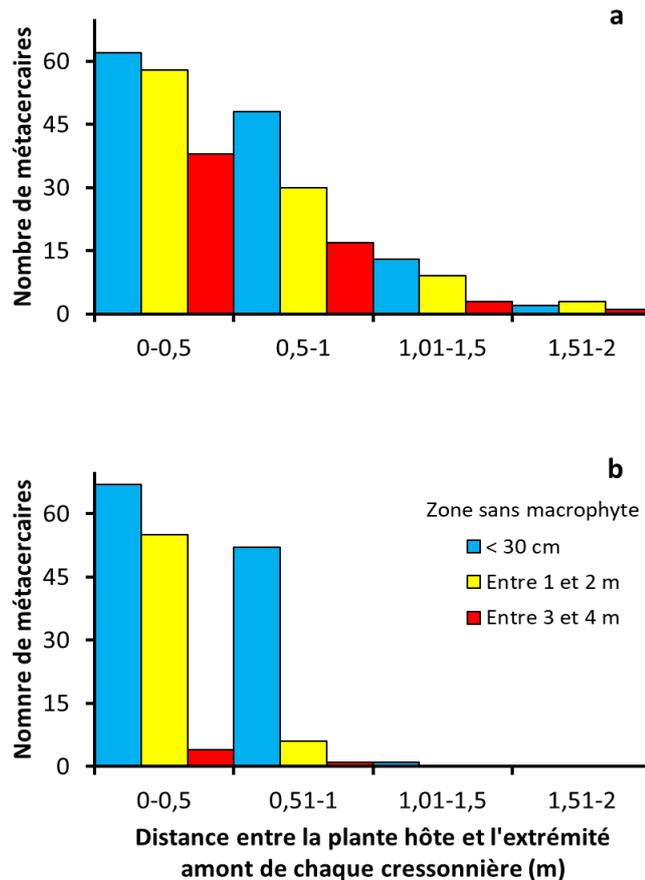


Figure 3 : Répartition des métacercaires de quatre Digènes par rapport à la distance entre la plante hôte et l'extrémité amont de chaque cressonnière : sites alimentés par une source à écoulement lent (3a) et ceux parcourus par un courant d'eau plus rapide (3b). Cette distance est exprimée sous forme de sections longues de 50 cm. Les valeurs sont fournies pour les trois types de longueur que nous avons relevés pour la zone sans macrophyte (légende sur le graphe 3b).

Tableau 1 : Caractéristiques principales des 14 cressonnières naturelles étudiées en 2016-2018 dans le nord de la Haute-Vienne. Leur localisation géographique est indiquée sur la figure 1.

Type de source et longueur de la zone sans macrophyte (m)*	Nombre de rigoles	Longueur de la cressonnière en m* (superficie en m ²)*	Eau courante (début avril)	
			Vitesse (cm/s)*	Hauteur (cm)*
Source à écoulement lent				
0,13-0,24	3	6,6-9,2 (2,9-4,1)	0,5-1,7	15,3-18,6
1,1-1,8	2	6,3-7,9 (2,8-3,5)	0,9-2,1	14,7-17,2
3,1-3,5	2	7,8-9,5 (3,5-4,2)	0,7-1,6	13,1-19,5
Source à débit plus rapide				
0,15-0,29	2	6,4-6,9 (2,8-3,1)	5,2-6,7	25,6-30,2
1,3-1,6	2	8,1-11,2 (3,6-5,0)	4,3-7,2	22,1-26,7
3,0-3,2	3	9,3-12,2 (4,1-5,4)	5,4-8,2	28,5-37,6

Tableau 2 : Répartition numérique des métacercaires de quatre Digènes dans 14 cressonnières naturelles de la Haute-Vienne par rapport à la vitesse de l'eau courante et la longueur de la rigole sans macrophyte.

Type de source et longueur de la zone sans macrophyte (m)	Nombre total de métacercaires			
	<i>Fasciola hepatica</i>	<i>Calicophoron daubneyi</i>	<i>Notocotylus sp.</i>	Echinostomatidé
Source à écoulement lent				
0,13-0,24	89	26	8	1
1,1-1,8	81	15	4	0
3,1-3,5	50	7	1	1
Source à débit plus rapide				
0,15-0,29	93	21	6	0
1,3-1,6	51	7	1	2
3,0-3,2	4	1	0	0

Tableau 3 : Répartition numérique des métacercaires de quatre Digènes dans 14 cressonnières naturelles par rapport à la vitesse de l'eau courante et l'espèce végétale.

Type de source	Espèce végétale				
	<i>Nasturtium officinale</i>	<i>Callitriche sp.</i>	<i>Helosciadium nodiflorum</i>	<i>Juncus effusus</i>	<i>Veronica beccabunga</i>
Source à écoulement lent					
Plantes égouttées (kg)	27,6	3,1	17,5	4,7	7,3
Nombre de métacercaires :					
<i>Fasciola hepatica</i>	115	16	63	13	13
<i>Calicophoron daubneyi</i>	25	0	22	0	1
<i>Notocotylus sp.</i>	7	2	3	0	1
Echinostomatidé	1	0	0	0	1
Total	148	18	88	13	16
Source à débit plus rapide					
Plantes égouttées (kg)	21,1	2,9	15,9	4,4	7,7
Nombre de métacercaires :					
<i>F. hepatica</i>	73	6	62	5	2
<i>C. daubneyi</i>	18	1	9	1	0
<i>Notocotylus sp.</i>	4	0	3	0	0
Echinostomatidé	0	0	2	0	0
Total	95	7	76	6	2

Tableau 4 : Répartition numérique des métacercaires de deux Digènes dans 14 cressonnières naturelles par rapport au point d'enkystement de la cercaire sur la plante hôte. L'étude porte sur l'ensemble des métacercaires, quel que soit le type des cressonnières. Le nombre total des larves par type de cressonnière et par espèce végétale est indiqué sur le tableau 3.

Espèce du parasite et site d'enkystement de la cercaire	Espèce végétale				
	<i>Nasturtium officinale</i>	<i>Callitriche sp.</i>	<i>Helosciadium nodiflorum</i>	<i>Juncus effusus</i>	<i>Veronica beccabunga</i>
<i>Fasciola hepatica</i>					
Face supérieure des feuilles	60	5	40	1	9
Face inférieure	119	17	71	6	5
Tiges de la plante	9	0	14	11	1
<i>Calicophoron daubneyi</i>					
Face supérieure des feuilles	1	0	0	0	0
Face inférieure	28	1	24	0	1
Tiges de la plante	14	0	7	1	0

Tableau 5 : Répartition numérique des métacercaires de deux Digènes dans 14 cressonnières naturelles par rapport à la hauteur entre le site d'enkystement des larves et le collet des plantes. L'étude porte sur l'ensemble des métacercaires, quel que soit le type des cressonnières. Le nombre total des larves par type de cressonnière et par espèce végétale est indiqué sur le tableau 3.

Espèce du parasite et distance verticale (cm) entre le site d'enkystement et le collet de la plante hôte	Espèce végétale				
	<i>Nasturtium officinale</i>	<i>Callitriche sp.</i>	<i>Helosciadium nodiflorum</i>	<i>Juncus effusus</i>	<i>Veronica beccabunga</i>
<i>Fasciola hepatica</i>					
0-5 cm	0	0	0	0	0
5,1-10 cm	4	0	1	0	0
10,1-15 cm	70	15	31	5	2
15,1-20 cm	95	6	82	11	12
> 20 cm	19	1	11	2	1
<i>Calicophoron daubneyi</i>					
0-5 cm	33	1	24	1	1
5,1-10 cm	9	0	7	0	0
10,1-15 cm	1	0	0	0	0
15,1-20 cm	0	0	0	0	0
> 20 cm	0	0	0	0	0

Tableau 6 : Répartition numérique des métacercaires de quatre Digènes dans 14 cressonnières naturelles par rapport à la distance entre la plante hôte et l'extrémité amont des cressonnières. Cette distance est exprimée ici sous forme de sections longues de 50 cm.

Type de source	Espèce du Digène	Distance entre la plante hôte et l'extrémité amont de la cressonnière (m)			
		0-0,50	0,51-1,0	1,01-1,50	1,51-2,0
Source à écoulement lent	<i>Fasciola hepatica</i>	122	73	20	5
	<i>Calicophoron daubneyi</i>	28	17	3	0
	<i>Notocotylus sp.</i>	8	3	2	0
	Echinostomatidé	0	1	0	1
Source à débit plus rapide	<i>F. hepatica</i>	97	50	1	0
	<i>C. daubneyi</i>	23	6	0	0
	<i>Notocotylus sp.</i>	4	3	0	0
	Echinostomatidé	2	0	0	0

Tableau 7 : Répartition numérique des métacercaires de quatre Digènes par rapport à la position de la plante hôte dans la cressonnière. La largeur de la rigole de drainage est ici exprimée en sections larges de 15 cm.

Type de source	Espèce du Digène	Nombre de métacercaires par section large de 15 cm		
		0-15	15,1-30	30,1-45
Source à écoulement lent	<i>Fasciola hepatica</i>	87	61	72
	<i>Calicophoron daubneyi</i>	21	11	16
	<i>Notocotylus sp.</i>	10	1	2
	Echinostomatidé	1	1	0
	Pourcentage	41,9 %	26,0 %	31,8 %
Source à débit plus rapide	<i>F. hepatica</i>	74	19	55
	<i>C. daubneyi</i>	11	4	13
	<i>Notocotylus sp.</i>	2	5	0
	Echinostomatidé	0	2	0
	Pourcentage	47,0 %	16,2 %	36,7 %

Les conséquences du réchauffement climatique sur les hôtes intermédiaires de *Fasciola hepatica* en Haute-Vienne

Daniel RONDELAUD¹, Philippe VIGNOLES¹, Philippe HOURDIN² et Gilles DREYFUSS^{1*}
gilles.dreyfuss@unilim.fr

¹ Laboratoire de Parasitologie, Faculté de Pharmacie, 2, rue du Docteur-Raymond-Marcland, 87025 Limoges Cedex, France.

² Laboratoire de Botanique, Faculté de Pharmacie, 2, rue du Docteur-Raymond-Marcland, 87025 Limoges Cedex, France.

Résumé :

Dans le département de la Haute-Vienne, deux espèces de limnées : *Galba truncatula* et *Omphiscola glabra*, sont connues pour être des hôtes intermédiaires dans le cycle de vie d'un parasite, *Fasciola hepatica*. Ces deux mollusques montrent, à l'heure actuelle, un déclin dans le nombre des populations et la superficie de leurs habitats. Pour expliquer ce déclin, le réchauffement climatique a été proposé comme l'un des facteurs possibles. Comme plusieurs épisodes de canicule ont eu lieu dans le département en 2015, 2018 et 2019, des investigations ont été effectuées en 2020 dans 190 prairies marécageuses pour dénombrer les populations de chaque espèce, les individus transhivernants de chaque population et préciser la superficie de leurs habitats. Si l'on ne tient pas compte du type d'habitat, le nombre global des populations en 2020 a diminué de 37,5 % chez *G. truncatula* et de 23,7 % chez *O. glabra* par rapport aux relevés effectués par notre équipe dans les mêmes prairies en 2013-2014. De même, la densité globale des individus transhivernants a présenté une diminution de 74,7 % chez *G. truncatula* et de 55,4 % chez *O. glabra*. L'ampleur de la chute pour ces deux paramètres a présenté des variations selon le type d'habitat. Par contre, les habitats de *G. truncatula* et la plupart des sites avec *O. glabra* n'ont pas montré de variation significative dans leur superficie entre les deux périodes d'étude. Entre 2013-2014 et 2020, 11 populations de *G. truncatula* et six d'*O. glabra* se sont déplacées vers l'aval sur le cours même des rigoles de drainage et parfois jusqu'au fossé principal. Sept habitats peuplés par les deux espèces de limnées ont également été observés dans les prairies étudiées en 2020 alors qu'il n'y en avait pas en 2013-2014. Ces changements dans l'écologie et la dynamique des deux espèces de limnées doivent être rapportés en grande partie à l'effet des épisodes de canicule qui ont eu lieu dans le département au cours des années passées.

Mots clés : *Fasciola hepatica*, *Galba truncatula*, Habitat, Haute-Vienne, Lymnaeidae, *Omphiscola glabra*, Population.

The impact of global warming on the intermediate hosts of *Fasciola hepatica* in Haute Vienne

Abstract:

In the French department of Haute Vienne, two lymnaeid species, i.e. *Galba truncatula* and *Omphiscola glabra*, are known to be intermediate hosts in the development cycle of the parasite *Fasciola hepatica*. These two snails currently show a decline in the number of their populations and area of their habitats. To explain this decline, global warming was proposed as one of the possible factors. As several heat waves took place in the department in 2015, 2018 and 2019, investigations were carried out in 2020 in 190 swampy meadows to count the populations of each species, the overwintering individuals in each population and to specify the area of their habitats. Compared to values recorded by our team on the same grasslands in 2013-2014, the overall number of populations in 2020 decreased by 37.5% for *G. truncatula* and by 23.7% for *O. glabra*. Similarly, the overall density of overwintering snails showed a decrease of 74.7% for *G. truncatula* and 55.4% for *O. glabra*. The magnitude of the decline for these two parameters varied according to habitat type.

In contrast, *G. truncatula* habitats and most sites with *O. glabra* did not show any significant variation in their area between the two study periods. Between 2013-2014 and 2020, 11 populations of *G. truncatula* and six of *O. glabra* have moved downstream on the course of the drainage furrows and sometimes to the main ditch. Seven habitats populated by the two lymnaeid species were also observed in the meadows studied in 2020 when there was none in 2013-2014. These changes in the ecology and dynamics of lymnaeid populations must be partly related to the effect of heat waves that have occurred in the department in the past years.

Key words: *Fasciola hepatica*, *Galba truncatula*, Habitat, Haute-Vienne, Lymnaeidae, *Omphiscola glabra*, population.

Introduction

Le réchauffement climatique est un processus mondial que les météorologues avaient déjà signalé depuis le début du 20^{ème} siècle. C'est l'augmentation des températures moyennes aussi bien dans les océans que dans l'atmosphère (Stocker *et al.*, 2013 ; Short *et al.*, 2017). D'après le Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC), la principale cause du réchauffement climatique est due à l'activité humaine. En effet, celle-ci a largement contribué à l'augmentation des gaz à effet de serre tels que le dioxyde de carbone, le méthane ou l'oxyde nitreux dans l'atmosphère (Crowley, 2000 ; Rosenzweig *et al.*, 2008). Les conséquences directes de ce changement ne sont pas difficiles à déterminer. Parmi celles-ci, citons des changements régionaux dans les précipitations, la survenue d'événements météorologiques extrêmes plus fréquents comme les vagues de chaleur, une élévation progressive du niveau de la mer ou l'expansion des déserts (Stocker *et al.*, 2013). Dans les zones atlantiques de l'Europe, le réchauffement climatique se traduit par la survenue d'hivers plus doux, plus humides et de périodes caniculaires au cours de l'été (Taylor, 2009). Ce changement peut comprendre aussi de fortes précipitations sur de courtes périodes, ce qui entraîne des crues, et des périodes sèches avec des températures de l'air élevées et des taux d'évapotranspiration importants conduisant

à la sécheresse (Hershkovitz *et al.*, 2013). Par contre, les conséquences indirectes de ce réchauffement climatique ne sont pas aussi faciles à mettre en évidence (Short *et al.*, 2017).

Le climat est connu pour son impact sur les maladies parasitaires qui touchent l'homme et les animaux. Aussi le réchauffement climatique est-il en mesure de réduire ou au contraire d'augmenter la prévalence et l'intensité de ces parasitoses dans le monde entier (Short *et al.*, 2017). Parmi ces affections, la distomatose à *Fasciola hepatica* Linnaeus, 1758, encore appelée fasciolose, est fortement dépendante des conditions climatiques et en particulier de la température et de la pluviométrie (Ollerenshaw, 1959, 1971 ; Ollerenshaw et Smith, 1969). Plusieurs auteurs comme Poulin (2006), Mas-Coma *et al.* (2009a, b), Van Dijk *et al.* (2010), Lofty (2014) et Short *et al.* (2017) ont déjà rapporté les effets potentiels du réchauffement climatique sur les caractéristiques de cette maladie. Ce processus peut potentiellement limiter ou étendre les aires naturelles de répartition de *F. hepatica* et rendre habitables des régions du globe où les conditions climatiques ne permettaient pas la survie du parasite. L'augmentation de la température a aussi une incidence sur le cycle de vie du Digène, ce qui peut directement affecter la prévalence de la parasitose dans la zone considérée (Short *et al.*, 2017). Dans les pays tempérés de l'Europe de l'ouest, la

survenue d'hivers plus doux et plus humides permet à davantage de métacercaires (stades larvaires infestants libres) de survivre à l'hiver dans les pâturages (Taylor, 2009). Il en est de même pour les mollusques d'eau douce qui assurent le développement des formes larvaires de *F. hepatica* (Van Dijk *et al.*, 2010). Ceci s'est traduit par une augmentation de la prévalence de la fasciolose (jusqu'à 12 fois) dans plusieurs États de l'Union Européenne au cours des dernières années (de Waal *et al.*, 2007 ; Fox *et al.*, 2011). Dans certaines régions du Royaume-Uni, la fasciolose sous sa forme aiguë a davantage été constatée chez les moutons au milieu de l'été et ceci depuis quelques années (de Waal *et al.*, 2007 ; Fox *et al.*, 2011).

Sur les sols acides du Limousin, deux limnées : *Galba truncatula* (O.F. Müller, 1774) et *Omphiscola glabra* (O.F. Müller, 1774), encore dénommée *Lymnaea glabra*, sont connues pour être, à des titres divers, des hôtes intermédiaires potentiels de *F. hepatica* (Dreyfuss *et al.*, 2015 ; Vignoles *et al.*, 2018). La Limnée épaulée, plus connue sous le nom de Limnée tronquée, est considérée par les auteurs comme le mollusque hôte principal du parasite dans l'Europe de l'ouest (Kozak et Wedrychowicz, 2010 ; Relf *et al.*, 2011 ; Jones *et al.*, 2015, 2017 ; Correa *et al.*, 2017). Par contre, *O. glabra* n'est qu'un hôte intermédiaire secondaire dans la région considérée car la réussite de son infestation par *F. hepatica* nécessite souvent qu'il soit co-infesté par les miracidiums de ce Digène et ceux d'un autre parasite : *Calicophoron daubneyi* Dinnik, 1962 (Abrous *et al.*, 1998, 1999, 2000). Dans les prairies marécageuses de la Haute-Vienne, les populations de *G. truncatula* colonisent souvent l'extrémité périphérique des rigoles de drainage superficiel, qu'il y ait ou non une source temporaire ou permanente, tandis que les colonies d'*O. glabra* se situent plus en aval sur le cours de ces mêmes rigoles (Vareille-Morel *et al.*, 1999, 2007).

Plusieurs études sur ces populations locales de limnées ont montré que leur nombre avait baissé de 34 % dans le cas de *G. truncatula* et de 23,4 % chez *O. glabra* au cours des trente dernières années (Dreyfuss *et al.*, 2016a). Parmi les hypothèses que ces auteurs ont proposées pour expliquer ce déclin, le changement climatique a été retenu comme l'un des facteurs possibles.

D'après Cordellier et Pfenninger (2009) et Cordellier *et al.* (2012), le réchauffement climatique devrait modifier profondément les caractéristiques des habitats colonisés par les limnées. L'augmentation de l'évaporation, la baisse de la concentration en oxygène due à l'augmentation de la température de l'eau et aux changements dans le schéma des précipitations sont susceptibles d'affecter la survie et la reproduction de ces gastéropodes. En utilisant les données climatiques du nord-ouest de l'Europe, Cordellier *et al.* (2012) prévoient un changement profond dans la répartition des pulmonés d'eau douce dans les 60 années à venir. D'après ces auteurs, de nouvelles zones situées plus au nord seront colonisées par la plupart des 17 genres étudiés, y compris *G. truncatula*. Leurs habitats actuels subiront une réduction drastique de leur superficie et les aires restantes seront peuplées par des espèces plus méridionales. Les autres projections sur les effets futurs du réchauffement climatique sur la fasciolose (Mas-Coma *et al.*, 2009 ; Fox *et al.*, 2011 ; Halimi *et al.*, 2015) ne tiennent pas compte, ou seulement en partie, du mollusque hôte. Dans les conditions du laboratoire, d'autres auteurs ont étudié les effets d'une élévation de température ou d'une canicule sur le comportement et la physiologie des Lymnaeidae : c'est le cas des recherches effectuées par Salo *et al.* (2017) et Leicht *et al.* (2017, 2019) sur *Lymnaea stagnalis* (Linnaeus, 1758). Malgré ces travaux intéressants, aucune étude à notre connaissance n'a encore été réalisée sur le terrain pour déterminer les effets d'un tel réchauffement sur les populations de

mollusque hôte et les caractéristiques de ses habitats.

Comme plusieurs épisodes de canicule ont eu lieu en France en 2015, 2018 et 2019 (Huguen, 2019), il nous a paru intéressant de procéder à des investigations de terrain afin de déterminer les conséquences de ces épisodes sur les populations de *G. truncatula* et d'*O. glabra* dans la Haute-Vienne par le biais des quatre questions suivantes : les populations de chaque espèce ont-elles diminué en nombre en 2020 ? Leurs habitats sont-ils du même type ? La superficie de ces habitats a-t-elle diminué ? Quel est le nombre des adultes transhivernants ? Pour répondre à ces questions, une étude a été réalisée en 2020 dans les prairies marécageuses de 38 fermes situées dans le nord-ouest et l'ouest du département. Les résultats obtenus ont été comparés aux données que notre équipe avait déjà notées dans les mêmes exploitations lors d'une première enquête réalisée en 2013 et 2014 (Dreyfuss *et al.*, 2016a).

Matériel et méthodes

2.1. Fermes étudiées

Trente-huit fermes élevant des bovins ou des ovins ont été sélectionnées pour cette étude pour les trois raisons suivantes : a) ces exploitations sont situées dans la même tranche altitudinale (entre 190 et 256 m) car la superficie des habitats occupés par *G. truncatula* et la densité des individus transhivernants chez les deux limnées présentent une diminution significative lorsque l'altitude moyenne des municipalités de la Haute-Vienne augmente (Dreyfuss *et al.*, 2018a, b) ; b) elles sont localisées dans le nord-ouest (communes de Gajoubert, Nouic, Saint-Barbant, Saint-Martial-sur-Isop et Val-d'Issoire) et dans l'ouest du département (communes de Javerdat, Saint-Brice-sur-Vienne, Saint-Junien et Saint-Victurnien) si bien que leurs prairies sont soumises aux mêmes conditions par rapport aux vents

humides qui viennent de l'Océan Atlantique ; c) les habitats peuplés par *G. truncatula* et ceux occupés par *O. glabra* y étaient en nombre assez important lors des investigations que notre équipe avait effectuées dans ces fermes en 2013 et 2014.

Le sous-sol de ces exploitations est granitique (20 cas) ou gneissique (18). Les 190 prairies permanentes incluses dans le périmètre de ces fermes sont de type hygro-mésophile avec une zone mésophile dominant en superficie sur l'autre zone. Un réseau de drainage superficiel, alimenté ou non par des sources temporaires sur la plus grande partie de l'année, est présent dans toutes ces pâtures (Fig. 2). Ce réseau n'est curé que tous les trois, quatre ou cinq années selon son état de dégradation. Toutes ces prairies sont soumises à un régime alterné de pâturage par les ruminants et de fauche au cours de l'été. Le pH de l'eau, qui circule dans les réseaux de drainage, y varie de 6,1 à 7, tandis que la concentration en ions calcium dissous est inférieure à 20 mg/L (Guy, 1996 ; Guy *et al.*, 1996).

Le climat est de type continental, mais il est fortement modulé par les vents humides provenant de l'Océan Atlantique. La pluviométrie annuelle moyenne varie de 850 à 950 mm dans les fermes situées dans le nord-ouest du département alors qu'elle est comprise entre 900 et 1200 mm dans l'ouest de la Haute-Vienne. De la même façon, la température moyenne annuelle est supérieure à 11° C dans le nord-ouest et comprise entre 10,5° et 11° C dans l'ouest du département (Dreyfuss *et al.*, 2016a, b).

2.2. Types d'habitats

La figure 1 montre un exemple de réseau de drainage superficiel dans un bassin versant de la Haute-Vienne. Des rigoles sont creusées à intervalles réguliers dans la prairie pour que l'eau de ruissellement en excès s'écoule. Ces canaux s'ouvrent sur un fossé principal,

lequel conduit le flot à un ruisseau, une rivière ou un étang. Plusieurs types d'habitats ont été définis par Vareille-Morel *et al.* (1999) pour *G. truncatula* : (i) l'extrémité périphérique d'une rigole dépourvue de source, (ii) le même type de site mais avec une source généralement temporaire qui s'y déverse, (iii) la jonchaie de pente située autour d'une source à flanc de colline lorsque le filet d'eau qui en provient ne s'écoule pas dans une rigole, (iv) le fossé principal de drainage, (v) une zone piétinée par les bovins ou les ovins lorsque les parois de la rigole proche ou du fossé principal sont détruites, (vi) les bords d'un étang, généralement à la queue du plan d'eau, et (vii) les berges d'un ruisseau ou d'une rivière. Dans le cas d'*O. glabra*, Vareille-Morel *et al.* (2007) retrouvent les mêmes types d'habitats, sauf pour les types (i) et (ii), car les populations de cette limnée colonisent le cours même des rigoles. Chez les deux espèces, la plupart des populations ont été observées dans les habitats de type (i), (ii) et (iii) (Rondelaud *et al.*, 2011, 2017).

A l'extrémité périphérique des rigoles, le sédiment sableux ou vaseux est dépourvu de macrophytes et n'est recouvert que par des algues unicellulaires ou filamenteuses (s'il y a une source). Sur le cours même de ces rigoles, le sédiment se mélange à des débris organiques en quantité plus ou moins importante (jusqu'à 1 cm d'épaisseur). La couche de débris organiques est plus importante dans le fossé principal comme dans les jonchaies situées autour d'une source (jusqu'à 3 cm). Dans le cas des habitats le long des collections d'eau, le sédiment émergé est généralement caché par la végétation riveraine (bords d'étang) ou recouvert de pierres ou de débris organiques en quantité variable (berges de ruisseau).

Comme le type et la superficie des habitats peuplés par ces limnées peuvent aussi évoluer dans le temps ou l'espace en fonction des modifications que l'homme effectue dans ces prairies (Vareille *et al.*,

1996), une recherche approfondie a également été réalisée dans chacune des 190 prairies afin de s'assurer que certaines populations initialement implantées dans un habitat n'aient pas été déplacées vers l'aval sous l'effet du courant ou d'un autre facteur.

2.3. Protocole des investigations

Des investigations ont déjà eu lieu en 2013 et en 2014 sur les 190 prairies pour identifier les populations des deux espèces de limnées et déterminer les caractéristiques de leurs habitats (Dreyfuss *et al.*, 2016a). Ces pâtures ont été réexaminées en 2020 pour déterminer le nombre de populations présentes, mesurer la superficie de leurs habitats et décompter les individus. La première enquête a été effectuée en mars et en avril 2013 ou 2014. Par contre, la seconde a été réalisée en février et en mars 2020 en raison de la clémence des températures à cette époque. Ces périodes ont été sélectionnées pour les deux raisons suivantes : *a)* les habitats sont alors gorgés d'eau ; *b)* ils ne sont peuplés que par des adultes appartenant à la génération née au cours de l'automne précédent (individus transhivernants). Lorsqu'une population de limnées n'a pas été retrouvée en 2020 dans une prairie, l'éleveur a été interrogé pour connaître la cause éventuelle à l'origine de cette disparition.

Les adultes de taille supérieure à 4 mm chez *G. truncatula* et de 12 mm chez *O. glabra* ont été dénombrés par chasse à vue ou à l'aide d'une passoire (grandeur des mailles : 3 mm) selon la hauteur de l'eau. En 2013 et 2014, chaque décompte dans les habitats de type (i) à (v) a été effectué par deux personnes pendant 30 à 40 minutes, alors que sur les bords d'étang et les berges de ruisseau, chaque relevé a été réalisé par une seule personne pendant 15 à 20 minutes. Par contre, en 2020, les mêmes décomptes n'ont été effectués que par une seule personne à raison de 15 minutes par

habitat (lorsqu'il y a une population). La superficie de chaque habitat a ensuite été déterminée. La mesure des zones occupées par *G. truncatula* ou *O. glabra* est facile dans le cas des rigoles de drainage en raison de leur largeur constante et parfois dans le fossé principal. Il en est de même pour les habitats situés sur les berges d'étang ou de ruisseau car les limnées sont généralement proches des bords. Lorsque la forme de l'habitat était irrégulière (ceux situés à l'extrémité d'une rigole, d'une source, ou sur une zone piétinée), la seule solution a été de procéder à une cartographie et à déterminer la superficie de ce dernier en fonction de sa forme et de ses dimensions.

Lorsqu'un habitat détecté en 2013 ou en 2014 a été observé plus en aval sur un autre segment du réseau de drainage, la distance entre le site initial et celui observé en 2020 a été mesurée. Si les deux espèces de limnées ont formé une communauté mixte (Dreyfuss *et al.*, 2014), la superficie de la zone occupée par chaque espèce dans l'habitat commun ainsi que les individus correspondants ont été considérés séparément.

2.4. Paramètres étudiés

Le premier est le nombre de populations que notre équipe a constaté pour chaque espèce de limnées, chaque type d'habitat et chaque période d'investigations. Le tableau 1 répertorie ces valeurs et indique aussi la diminution numérique constatée entre 2013-2014 et 2020. Ces valeurs ont été comparées à l'aide du test exact de Fisher. De plus, la fonction Fisher.multcomp du package RVAideMemoire (R Core Team, 2016) a été employée comme test post-hoc afin d'effectuer des comparaisons par paires.

Les trois autres paramètres sont la superficie globale des habitats, la densité des limnées transhivernantes par m² d'habitat, et la distance qui existe entre l'habitat initial d'une population en 2013-

2014 et celui observé en 2020 lorsque cette population s'est déplacée vers l'aval. Les valeurs individuelles obtenues pour les superficies ont été ramenées à une moyenne, encadrée d'un écart type, en tenant compte de l'espèce de la limnée et du type d'habitat. Un protocole identique a été également utilisé pour les densités. Les deux types de données ont d'abord été analysés à l'aide du test de normalité de Shapiro-Wilk (Shapiro et Wilk, 1965). Comme la distribution de ces valeurs n'était pas normale dans les trois cas, le test de Kruskal-Wallis a été utilisé pour établir les niveaux de signification statistique. Ces analyses ont été réalisées à l'aide du logiciel R x64 3.3.0 (R Core Team, 2016).

Comme plusieurs communautés mixtes avec les deux espèces de limnées ont été notées lors des investigations réalisées en 2020, la densité de chaque espèce a été présentée sous forme de graphes pour les deux types de rigoles de drainage.

La nomenclature utilisée pour les noms scientifiques et vernaculaires des mollusques ou des parasites est celle que le Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris a adoptée pour la dénomination de ces différentes espèces animales (<https://inpn.mnhn.fr/accueil/recherche-de-donnees/especes>).

Résultats

3.1. Populations de limnées

Le nombre total des populations identifiées en 2013-2014 et en 2020 est fourni sur le tableau 1 pour chaque espèce de limnée. Par rapport aux relevés effectués en 2013-2014, le nombre global des populations en 2020 a chuté de 37,5 % pour *G. truncatula* et de 23,7 % pour *O. glabra*. L'examen du tableau par rapport aux types d'habitats permet de formuler deux autres remarques. Tout d'abord, la diminution du nombre des populations dans trois types d'habitats (rigoles

dépourvues de source, rigoles avec source, jonchaies) est significativement plus grande ($p < 5\%$ dans chaque cas) chez *G. truncatula* que chez *O. glabra*. Par contre, il n'y a pas de différence significative entre les valeurs relevées en 2013-2014 et en 2020 dans le cas des fossés de drainage, quelle que soit l'espèce de la limnée. Le faible nombre de valeurs dans les trois autres types d'habitats ne permet pas de dégager une tendance nette. La seconde remarque porte sur la variation qui existe dans les pourcentages entre les types d'habitats de chaque espèce. Dans les rigoles dépourvues de source, la diminution est plus grande que dans celles qui en possèdent une (*G. truncatula* : $p < 0,1\%$; *O. glabra* : $p < 1\%$) ou dans les jonchaies (*G. truncatula* : $p < 0,1\%$; *O. glabra* : $p < 1\%$). Par contre, il n'y a pas de différence nette entre les valeurs relevées dans les rigoles avec une source et les fossés de drainage, quelle que soit l'espèce de la limnée.

Depuis les relevés de 2013-2014, des populations se sont déplacées vers l'aval du réseau de drainage (Tableau 2). Onze populations de *G. truncatula* ont ainsi été observées en 2020 sur le cours même des rigoles ou sur le fossé principal, alors qu'elles occupaient l'extrémité périphérique des dites rigoles en 2013-2014. De même, six colonies d'*O. glabra* ont été retrouvées en 2020 à l'extrémité aval de ces rigoles ou sur le fossé principal. La distance relevée entre les habitats de 2013-2014 et ceux de 2020 se distribue entre 5 et 24 m pour *G. truncatula*, et entre 4 et 18 m pour *O. glabra* (Tableau 2).

3.2. Superficie des habitats

Le tableau 3 présente les valeurs que notre équipe a notées lors des deux périodes d'investigation. En 2013-2014, la superficie moyenne des sites colonisés par *G. truncatula* variait de 1,3 à 6,5 m² selon le type d'habitat, d'où une moyenne globale de 1,5 m². Les chiffres relevés en

2020 ne présentaient guère de variation avec des valeurs moyennes allant de 1,1 à 2,2 m² selon le type d'habitat et une moyenne globale de 1,5 m². Aucune différence significative entre les superficies moyennes relevées en 2013-2014 et en 2020 n'a été notée, quel que soit le type d'habitat. Par rapport aux valeurs relevées pour la Limnée épaulée, la superficie des sites peuplés par *O. glabra* était plus grande en 2013-2014, avec des moyennes allant de 2,5 à 8,4 m² selon le type d'habitat et une moyenne globale de 6,5 m². En 2020, les superficies moyennes selon le type d'habitat étaient plus faibles : de 1,9 à 6,1 m² si bien que la moyenne globale n'a été que de 4,8 m². Des différences significatives entre les superficies moyennes relevées en 2013-2014 et en 2020 n'ont été notées que pour les habitats situés dans les rigoles dépourvues de source ($H = 19,61$; $p < 0,1\%$) et les fossés de drainage ($H = 8,02$, $p < 1\%$).

3.3. Densité des limnées transhivernantes

Les valeurs relevées en 2013-2014 et en 2020 sont fournies sur les tableaux 4 et 5. Si l'on ne tient pas compte du type d'habitat, le nombre des individus dans les populations dénombrées en 2020 a diminué de 74,7 % pour *G. truncatula* et de 55,4 % pour *O. glabra* par rapport aux relevés effectués en 2013-2014. Par contre, l'ampleur de ce déclin varie selon le type d'habitat. Dans le cas de la Limnée épaulée, la diminution numérique est plus élevée dans le cas des fossés de drainage (90,9 %) et des rigoles dépourvues de source (86,9 %) que dans les rigoles avec une source (74,4 %) et les jonchaies (44,3 %). Les pourcentages sont nettement plus faibles dans le cas d'*O. glabra* : 72,2 % dans les rigoles dépourvues de source, 56,5 % dans celles qui en possèdent une, 34,5 % dans les fossés de drainage et seulement 28 % dans les jonchaies. Les différences entre les densités de *G. truncatula* relevées au cours des deux périodes d'investigation

sont significatives pour les rigoles avec une source ($H = 35,04$; $p < 0,1$ %), celles qui n'en ont pas ($H = 29,71$; $p < 0,1$ %), les jonchaies ($H = 7,36$; $p < 1$ %) et les fossés de drainage ($H = 18,56$; $p < 0,1$ %). Par contre, il n'y a pas de différence nette dans le cas des trois autres types d'habitats. Dans le cas d'*O. glabra*, les différences entre les valeurs sont significatives pour les populations vivant dans les rigoles avec une source ($H = 19,54$; $p < 0,1$ %), dans celles qui n'en ont pas ($H = 13,47$; $p < 0,1$ %) ainsi que sur les berges de ruisseau ($H = 8,25$; $p < 1$ %). Par contre, aucune différence nette n'a été notée dans le cas des jonchaies et des fossés de drainage.

3.4. Communautés mixtes

Sept communautés mixtes formées par les deux espèces de limnées ont été observées en 2020 dans quatre rigoles dépourvues de source et dans trois autres qui en possèdent une. La figure 2 montre la distribution de *G. truncatula* et d'*O. glabra* dans les sept habitats colonisés par les deux espèces. Trois aires peuvent être reconnues dans chaque habitat : une zone amont peuplée par la Limnée épaulée, une zone de chevauchement où les individus des deux espèces sont présents, et une zone aval avec les seuls *O. glabra*. Dans les rigoles dépourvues de source (Fig. 2A), la zone colonisée par *G. truncatula* s'étend sur 4 m² et la densité de la population présente un pic dans la zone de chevauchement. Par contre, la superficie de la zone avec *O. glabra* est de 8 m² et le pic se situe dans la zone peuplée seulement par cette espèce. Dans les rigoles alimentées par des sources (Fig. 2B), les superficies occupées par chaque espèce sont plus importantes (6 m² pour *G. truncatula*, 8 m² pour *O. glabra*) et les pics dans les densités se situent à l'extrémité amont de la zone de chevauchement (*G. truncatula*) ou à l'extrémité aval de celle-ci (*O. glabra*).

4. Discussion

A l'heure actuelle, il est difficile de prévoir les modifications qui se produiront dans l'avenir au niveau des habitats et de la dynamique des deux espèces de limnées qui interviennent comme mollusques hôtes dans le cycle local de *F. hepatica*. Les résultats des études, que notre équipe a effectuées sur les populations de *G. truncatula* dans des régions à climat semi-aride ou aride comme l'Algérie (Mekroud *et al.*, 2002, 2004), le Maroc (Moukrim et Rondelaud, 1991, 1992 ; Goumghar *et al.*, 2001a, b ; Belfaiza *et al.*, 2008, 2009) ou la Tunisie (Ayadi *et al.*, 1993 ; Diawara *et al.*, 2003), ne peuvent pas être transposés entièrement à la région du Limousin en raison des remarques que Woodward *et al.* (2010) ont formulées pour les collections d'eau face au changement climatique : a) de nombreuses espèces comme les limnées dans ces habitats fragmentés ont des capacités limitées pour se disperser au fur et à mesure que l'environnement change, b) la température et la disponibilité de l'eau dépendent du climat local, et c) de nombreux facteurs anthropiques de stress ont déjà un effet sur ces collections d'eau. Il en résulte que les changements à venir dans la dynamique des précipitations, de l'évaporation et des inondations entraîneront des modifications dans le niveau de l'eau, la structure des habitats où vivent les limnées et les temps de séjour que ces mollusques effectueront dans les zones humides (Heino *et al.*, 2009 ; Domisch *et al.*, 2011 ; Hershkovitz *et al.*, 2013). Dans ces conditions, les données de la présente étude ne constituent qu'une première approche du problème et nécessitent d'être complétées au cours d'investigations ultérieures sur les mêmes prairies afin de pouvoir généraliser l'impact de ce changement climatique dans les prairies sur sols acides, soumises à un climat tempéré.

Par rapport aux relevés de 2013-2014, la diminution numérique des populations constatée en 2020 est significativement

plus importante chez *G. truncatula* que chez *O. glabra*. Elle est aussi plus marquée lorsque l'habitat des limnées n'est pas alimenté par une source (Tableau 1). Deux faits peuvent expliquer ces résultats : a) la Limnée épaulée est connue pour son amphibiose si bien qu'elle peut vivre sur des terrains émergés humides au printemps, alors que l'autre espèce est nettement plus aquatique et ne sort rarement d'un point d'eau lorsque les conditions de vie sont favorables (Dreyfuss *et al.*, 2015 ; Vignoles *et al.*, 2018) ; b) dans les prairies marécageuses de la Haute-Vienne, seuls les juvéniles de *G. truncatula*, mesurant moins de 2 mm en hauteur, peuvent s'enterrer dans le sédiment lors de l'estivation des habitats (Rondelaud et Morel-Vareille, 1975) alors que les *O. glabra* sont capables de s'enterrer, quelle que soit leur taille, lors de la même période sous réserve qu'il y ait un sédiment sablo-vaseux assez épais, mêlé ou non à des débris organiques, sur le fond de leur habitat (Rondelaud *et al.*, 2003). De plus, le développement de la végétation riveraine, qui entoure les habitats de ces limnées, a aussi un effet positif sur la survie des populations lors des périodes de canicule : elle est alors assez haute et dense autour des habitats d'*O. glabra* au cours de l'été alors que son développement est plus limité et la densité des macrophytes nettement plus faible autour des sites colonisés par la Limnée épaulée (D. Rondelaud, 2020, *observation personnelle*). Le déplacement de 17 populations de limnées vers l'aval de réseau entre les deux périodes d'investigation (Tableau 2) est nettement plus difficile à commenter car la littérature ne fournit pas de donnée sur les raisons d'un tel transfert. L'une des explications est d'invoquer un déplacement forcé de chaque population vers l'aval sous l'effet d'une crue provoquée par un excès d'eaux de ruissellement. Cependant, cette hypothèse cadre mal avec les exigences écologiques de chaque espèce, car *G. truncatula* comme *O. glabra* sont capables

de remonter en hiver et au printemps la rigole à contre-courant jusqu'à l'extrémité périphérique de celle-ci, qu'il y ait ou non une source à son extrémité (Rondelaud, 1983 ; Rondelaud *et al.*, 2005). Comme aucune limnée en train de migrer sur la longueur de rigole entre chaque habitat initial et celui observé en 2020 n'a été notée au cours de nos investigations, ce résultat nous conduit à supposer que chaque population se serait déplacé volontairement vers l'aval pour fuir un habitat devenu insalubre en raison des canicules successives et coloniser un nouveau site plus compatible avec la vie de chaque espèce.

La superficie moyenne des habitats peuplés par *G. truncatula* n'a pas présenté de variation significative entre les deux périodes d'étude (Tableau 3) et cela peut s'expliquer en partie par le fait que la plupart de ces sites sont de petite taille sur les sols acides du Limousin (Rondelaud *et al.*, 2009, 2011). Dans le cas d'*O. glabra*, la diminution de la superficie n'est significative que dans le cas de deux types d'habitats, à savoir les rigoles dépourvues de source et les fossés de drainage, alors qu'il n'y a pas de différence nette pour les autres types d'habitats. Deux hypothèses peuvent-être complémentaires peuvent être proposées pour expliquer ce dernier résultat. La première est liée à la présence ou à l'absence d'une source temporaire. La présence de celle-ci dans des rigoles et les jonchaies maintiendrait une certaine humidité dans le sol de ces habitats au cours de l'estivation, ce qui favoriserait l'enfouissement des limnées (lorsque celui-ci se produit) et permettrait une meilleure survie des *O. glabra* sur toute la superficie de leur aire de distribution. La deuxième hypothèse se rapporte à la qualité et à l'abondance de la végétation riveraine autour des habitats situés dans les rigoles et les jonchaies avec une source. Celle-ci pourrait jouer un rôle dans le maintien des superficies colonisées par *O. glabra* dans ces deux types d'habitats.

Sur les sept types d'habitats considérés dans le nord-ouest et l'ouest de la Haute-Vienne, la densité des individus transhivernants en 2020 a présenté une diminution significative dans quatre types de sites pour *G. truncatula* et dans trois types pour *O. glabra* (Tableaux 4 et 5). Dans le cas de la Limnée épaulée, cette chute dans la densité des mollusques varie de 44,3 % (jonchaies avec source) à 90,9 % (fossés de drainage) alors qu'elle est de 56,5 % (rigoles avec source) et de 72,2 % (rigoles sans source) dans le cas d'*O. glabra*. Les résultats montrent *a*) que *G. truncatula* (espèce amphibie) est plus affecté par cette diminution numérique qu'*O. glabra* qui est plus aquatique, et *b*) que ce déclin dans le nombre des individus transhivernants est nettement plus important dans les habitats dépourvus de source que dans ceux qui en ont une. L'absence de différence significative entre les densités de *G. truncatula* sur les berges de ruisseau alors qu'elle l'est pour *O. glabra* peut s'expliquer par les nombreux abris (pierres, débris organiques) que la Limnée épaulée a à sa disposition sur les berges alors que l'autre espèce vit généralement dans le ruisseau même (généralement au niveau de l'herbier) et est ainsi plus impactée par les effets du réchauffement que l'autre espèce. De telles variations numériques pour *G. truncatula* et *O. glabra* au cours de l'année ont déjà été rapportées dans les prairies marécageuses sur sols acides (voir les revues de Dreyfuss *et al.*, 2015 et de Vignoles *et al.*, 2018). Ce qui est inhabituel dans la présente étude, c'est l'ampleur de la diminution numérique pour ces individus transhivernants dans certains types d'habitats. Ce résultat est en faveur d'un effet lié à la survenue d'un ou des épisodes successifs de canicule au cours des années passées dans la région. Les populations concernées par cette diminution numérique pourront certes se reconstituer si les conditions climatiques redeviennent favorables mais il faudra plusieurs années pour que chaque

population retrouve sa taille initiale (Sabourin, 2018). L'évolution de ces populations dans le temps dépendra aussi de l'intensité du changement climatique en cours et de sa durée.

Les habitats avec une communauté mixte sont assez rares sur les sols acides de la Haute-Vienne lors des investigations que notre équipe a effectuées entre 1970 et 2006 (Rondelaud *et al.*, 2014 ; Vignoles *et al.*, 2018). Sept d'entre eux ont, par contre, été observés dans les prairies étudiées en 2020 alors qu'il n'y en avait pas dans ces pâtures lors de l'enquête réalisée en 2013 et 2014. La présence de tels sites avec les deux espèces de limnées en fonction de l'activité humaine ne peut être retenue pour expliquer leur formation car l'entretien des réseaux de drainage dans ces prairies est identique à celui appliqué dans les autres fermes étudiées. A notre avis, la formation de ces habitats avec une communauté mixte pourrait être une conséquence indirecte du réchauffement climatique car il y a eu, dans chaque cas, un déplacement des *G. truncatula* depuis leur habitat initial (l'extrémité amont de la rigole) vers la zone où vivaient les *O. glabra*. La distribution des individus de chaque espèce dans l'habitat commun est en accord avec les rapports d'Osenberg (1989) et de Cross et Benke (2002) sur d'autres collectivités de gastéropodes d'eau douce. Selon ces auteurs, il y a généralement une compétition pour la nourriture dans les sites colonisés par deux ou plusieurs espèces de gastéropodes, ce qui limite l'aire de distribution et la taille de chaque population.

Devant la diminution numérique des populations dans la Haute-Vienne et celle des individus chez un certain nombre d'entre elles, on peut se demander quelles seront les conséquences de ce processus sur la transmission de la fasciologie locale. La disparition de ces mollusques hôtes aura certes un effet direct sur la prévalence de la maladie animale. Mais il est possible que le parasite s'adapte rapidement à cette

situation en utilisant des espèces de mollusques aquatiques ou terrestres qui ne sont pas des hôtes intermédiaires potentiels dans les conditions habituelles. C'est ainsi que d'autres espèces de Lymnaeidae comme *Radix balthica* (Linnaeus, 1758), *Stagnicola fuscus* (C. Pfeiffer, 1821) ou *Stagnicola palustris* (O.F. Müller, 1774) peuvent assurer le développement larvaire de *F. hepatica* à condition a) qu'elles soient infestées dans leurs premiers jours de vie (Boray, 1978 ; Caron *et al.*, 2007, 2014 ; Novobilský *et al.*, 2013) ou b) que l'infestation miracidienne s'effectue sur des juvéniles et des pré-adultes provenant de parents déjà infestés et ceci sur plusieurs générations successives (Rondelaud *et al.*, 2014 ; Vignoles *et al.*, 2016). De l'ADN de *F. hepatica* a également été détecté par des techniques de biologie moléculaire dans le corps d'*Omalonyx matheroni* (Potiez et Michaud, 1838) et dans celui de *Succinea putris* (Linnaeus, 1758) par plusieurs auteurs (Relf *et al.*, 2009 ; Novobilský *et al.*, 2014). Mais on ne peut dire, à l'heure actuelle, si ces succinées (mollusques terrestres hygrophiles) sont des hôtes intermédiaires potentiels de *F. hepatica* capables d'assurer le développement larvaire complet du parasite ou des mollusques non hôtes qui attirent les miracidiums de ce dernier par un effet « decoy » (effet leurre).

Conclusion

Le nombre des populations et l'abondance des individus transhivernants dans de nombreux habitats peuplés par *G. truncatula* ou par *O. glabra* présentent une diminution significative à l'heure actuelle. Dans la plupart des cas, il n'y a pas de variation significative dans la superficie des habitats par rapport aux valeurs relevées en 2013-2014. Par contre, des déplacements de populations vers l'aval du réseau de drainage ont été notés en 2020 avec la formation de plusieurs communautés mixtes partageant les mêmes habitats. Ces changements dans l'écologie

et la dynamique des deux espèces sont dus en grande partie aux canicules qui ont eu lieu au cours des années passées. Si ces épisodes se reproduisent à nouveau dans les années à venir, d'autres investigations dans les mêmes prairies sont à prévoir afin de suivre les effets du réchauffement sur ces populations de mollusques et de modéliser, si possible, les conséquences de ce changement climatique sur les hôtes intermédiaires de *F. hepatica* sur les sols acides.

Remerciements

Les auteurs remercient les exploitants de ces 38 fermes pour l'autorisation qu'ils nous ont accordée en 2020 pour inventorier leurs prairies et les documents que plusieurs d'entre eux nous ont fournis pour cette étude.

Bibliographie

- Abrous M., Rondelaud D., Dreyfuss G. and Cabaret J., 1998. Unusual transmission of the liver fluke, *Fasciola hepatica*, by *Lymnaea glabra* or *Planorbis leucostoma* in France. *Journal of Parasitology* **84** (6): 1257–1259. DOI: 10.2307/3284683.
- Abrous M., Rondelaud D., Dreyfuss G. and Cabaret J., 1999. Infection of *Lymnaea truncatula* and *Lymnaea glabra* by *Fasciola hepatica* and *Paramphistomum daubneyi* in farms of central France. *Veterinary Research* **30** (1): 113–118.
- Abrous M., Rondelaud D. and Dreyfuss G., 2000. A field study of natural infections in three freshwater snails with *Fasciola hepatica* and/or *Paramphistomum daubneyi* in central France. *Journal of Helminthology* **74** (3): 189–194. DOI: 10.1017/s0022149x00000275.
- Ayadi A., Ben Rachid M.S., Kennou H., Bradai K. and Rondelaud D., 1993. Études épidémiologiques sur un foyer de distomatose à *Fasciola hepatica* L. dans les

oasis de Tozeur (Tunisie). *Bulletin de la Société Française de Parasitologie* **11** (2): 217–222.

Belfaiza M., Moncef M., Rondelaud D. and Dreyfuss G., 2008. *Galba truncatula*: characteristics of snail burying in an irrigated area subjected to periodical drying. *Free Papers, Tenth European Multicolloquium of Parasitology (EMOP), Paris, 24-29 August 2008*, K824C0132, pp. 191–194.

Belfaiza M., Vignoles P., Moncef M. and Rondelaud D., 2009. *Galba truncatula* (Mollusca Gastropoda, Lymnaeidae), le mollusque hôte de *Fasciola hepatica* : son aptitude à supporter un assèchement périodique en zone irriguée sous climat semi-aride. *Revue de Médecine Vétérinaire* **160** (2): 103–107.

Boray J.C., 1978. The potential impact of exotic *Lymnaea* spp. on fascioliasis in Australasia. *Veterinary Parasitology* **4** (2): 127–141. DOI: 10.1016/0304-4017(78)90004-3.

Caron Y., Lasri S. and Losson B., 2007. *Fasciola hepatica*: an assessment on the vectorial capacity of *Radix labiata* and *R. balthica* commonly found in Belgium. *Veterinary Parasitology* **149** (1-2): 95–103. DOI: 10.1016/j.vetpar.2007.07.012.

Caron Y., Martens K., Lempereur L., Saegerman C. and Losson B., 2014. New insight in lymnaeid snails (Mollusca, Gastropoda) as intermediate hosts of *Fasciola hepatica* (Trematoda, Digenea) in Belgium and Luxembourg. *Parasites and Vectors* **7**: 66. DOI: 10.1186/1756-3305-7-66.

Cordellier M. and Pfenninger M., 2009. Inferring the past to predict the future: climate modelling predictions and phylogeography for the freshwater gastropod *Radix balthica* (Pulmonata, Basommatophora). *Molecular Ecology* **18**

(3): 534–544. DOI: 10.1111/j.1365-294X.2008.04042.x.

Cordellier M., Pfenninger A., Streit B. and Pfenninger M., 2012. Assessing the effects of climate change on the distribution of pulmonate freshwater snail biodiversity. *Marine Biology* **159** (11): 2519–2531. DOI: 10.1007/s00227-012-1894-9.

Correa A.C., De Meeûs T., Dreyfuss G., Rondelaud D. and Hurtrez-Boussès S., 2017. *Galba truncatula* and *Fasciola hepatica*: genetic costructures and interactions with intermediate host dispersal. *Infection, Genetics and Evolution* **55**: 186–194. DOI: 10.1016/j.meegid.2017.09.012.

Cross W.F. and Benke A.C., 2002. Intra- and interspecific competition among coexisting lotic snails. *Oikos* **96**: 251–264. DOI: 10.1034/j.1600-0706.2002.960207.x.

Crowley T.J., 2000. Causes of climate change over the past 1000 years. *Science* **289** (5427): 270–277. DOI: 10.1126/science.289.5477.270.

De Waal T., Relf V., Good B., Gray J., Murphy T., Forbes A. and Mulcahy G., 2007. Developing models for the prediction of fasciolosis in Ireland. In: Holden N.M., Hochstrasser T., Schulte R.P.O. and Walsh S. (Eds.). *Making science work on the farm. A workshop on decision support systems for Irish agriculture*. Joint Working Group in Applied Agricultural Meteorology (AGMET), Dublin, Ireland, pp. 60–63.

Diawara M., Ayadi A. and Rondelaud D., 2003. *Fasciola hepatica*: the development of tissue lesions and their frequencies in naturally-infected *Galba truncatula*. *Parasitology Research* **90** (3): 257–260. DOI: 10.1007/s00436-003-0856-z.

Domisch S., Jähnig S.C. and Haase P., 2011. Climate-change winners and losers: stream macroinvertebrates of a

submontane region in Central Europe. *Freshwater Biology* **56**: 2009–2020. DOI: 10.1111/j.1365-2427.2011.02631.x.

Dreyfuss G., Vignoles P. and Rondelaud D., 2014. *Fasciola hepatica* and *Paramphistomum daubneyi*: decrease in prevalence of natural infection in habitats colonized by *Galba truncatula* and *Lymnaea glabra*. *Revue de Médecine Vétérinaire* **165** (5-6): 160–166.

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

Dreyfuss G., Vignoles P. and Rondelaud D., 2016a. Current decline in the number and size of populations of *Galba truncatula* and *Omphiscola glabra*, intermediate hosts of *Fasciola hepatica*, on the acidic soils of Central France. *Parasite* **23**: 46. DOI: 10.1051/parasite/2016055.

Dreyfuss G., Vignoles P. and Rondelaud D., 2016b. Déclin dans le nombre et la taille des populations d'*Omphiscola glabra* dans le nord de la Haute-Vienne au cours des trente dernières années. *Annales Scientifiques du Limousin* **27**: 23–30. DOI: 10.25965/asl.224.

Dreyfuss G., Vignoles P. and Rondelaud D., 2018a. Relationships between the distribution of *Galba truncatula* (Gastropoda: Lymnaeidae), climatic conditions and the altitude of municipalities in Haute Vienne (France). *Annales de Limnologie-International Journal of Limnology* **54**: 19. DOI: 10.1051/limn/2018010.

Dreyfuss G., Vignoles P. and Rondelaud D., 2018b. *Omphiscola glabra* O.F. Müller, 1774 (Gastropoda, Lymnaeidae) : la distribution des populations et les caractéristiques de leurs habitats par rapport à l'altitude et aux conditions

climatiques de la Haute-Vienne. *MalaCo* **14**: 1–6.

Dreyfuss G., Vignoles P. and Rondelaud D., 2018c. *Galba truncatula* and *Omphiscola glabra* (Gastropoda, Lymnaeidae): present decline in populations living on sedimentary soils in central France. *Annales de Limnologie-International Journal of Limnology* **54**: 11. DOI: 10.1051/limn/2017035.

Fox N.J., White P.C.L., McClean C.J., Marion G., Evans A. and Hutchings M.R., 2011 Predicting impacts of climate change on *Fasciola hepatica* risk. *PLoS One* **6** (1): e16126. DOI: 10.1371/journal.pone.0016126.

Goumghar M.D., Rondelaud D., Dreyfuss G. and Benlemlih M., 2001. Influence of aestivation on the survival of *Galba truncatula* (Mollusca: Gastropoda) populations according to altitude. *Annales de Limnologie-International Journal of Limnology* **37** (3): 211–217. DOI: 10.1051/limn/2001018.

Goumghar M.D., Vignoles P., Rondelaud D., Dreyfuss G. and Benlemlih M., 2001. Relations entre les générations annuelles de *Galba truncatula*, l'altitude et la nature de ses habitats dans le centre du Maroc. *Revue de Médecine Vétérinaire* **152** (6): 457–462.

Guy F., 1996. *Étude de relations entre la végétation et le mollusque Lymnaea truncatula Müller dans les jonchaies prairiales de la Haute-Vienne*. Thèse d'exercice en Pharmacie, Université de Limoges, 103 pp.

Guy F., Rondelaud D., Botineau M., Dreyfuss G. and Ghestem A., 1996. Etude de relations entre les plantes les plus fréquentes et l'abondance de *Lymnaea truncatula* Müller, vecteur de *Fasciola hepatica* Linné dans les prairies marécageuses sur sol acide. *Revue de Médecine Vétérinaire* **147** (6): 465–470.

- Halimi M., Farajzadeh M., Delavari M. and Arbabi A., 2015. Developing a climate-based risk map of fascioliasis outbreaks in Iran. *Journal of Infection and Public Health* **8** (5): 481–486. DOI: 10.1016/j.jiph.2015.04.024.
- Heino J., Virkkala R. and Toivonen H., 2009. Climate change and freshwater biodiversity: detected patterns, future trends and adaptations in northern regions. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society* **84** (1): 39–54. DOI: 10.1111/j.1469-185X.2008.00060.x.
- Hershkovitz Y., Strackbein J. and Hering D., 2013. Climate-and-freshwater.info. Version: January 2014. Disponible sur : www.climate-and-freshwater.info (consulté le 14 janvier 2020).
- Huguen P., 2019. Avant 2019, les grands épisodes de canicule en France. *Science et Avenir*. Disponible sur : https://www.sciencesetavenir.fr/nature-environnement/meteo/avant-2019-les-grands-episodes-de-canicule-en-france_134791 (consulté le 16 janvier 2020).
- Jones R.A., Williams H.W., Dalesman S. and Brophy P.M., 2015. Confirmation of *Galba truncatula* as an intermediate host snail for *Calicophoron daubneyi* in Great Britain, with evidence of alternative snail species hosting *Fasciola hepatica*. *Parasites and Vectors* **8**: 656. DOI: 10.1186/s13071-015-1271-x.
- Jones R.A., Williams H.W., Dalesman S., Ayodeji S., Thomas R.K. and Brophy P.M., 2017. Development of digenean parasites within their intermediate snail host, *Galba truncatula*, in a geographic area where the presence of *Calicophoron daubneyi* has recently been confirmed. *Veterinary Parasitology* **240**: 68–74. DOI: 10.1016/j.vetpar.2017.03.021.
- Kozak M. and Wedrychowicz H., 2010. The performance of a PCR assay for field studies on the prevalence of *Fasciola hepatica* infection in *Galba truncatula* intermediate host snails. *Veterinary Parasitology* **168** (1-2): 25–30. DOI: 10.1016/j.vetpar.2009.10.014.
- Leicht K., Jokela J. and Seppälä O., 2019. Inbreeding does not alter the response to an experimental heat wave in a freshwater snail. *PloS One* **14** (8): e0220669. DOI: 10.1371/journal.pone.0220669.
- Leicht K., Seppälä K. and Seppälä O., 2017. Potential for adaptation to climate change: family-level variation in fitness-related traits and their responses to heat waves in a snail population. *BMC Evolutionary Biology* **17**: 140. DOI: 10.1186/s12862-017-0988-x.
- Lofty W.M., 2014. Climate change and epidemiology of human parasitosis in Egypt: a review. *Journal of Advanced Research* **5** (6): 607–613.
- Mas-Coma S., Valero M.A. and Bargues M.D., 2009a. *Fasciola*, lymnaeids and human fascioliasis, with a global overview on disease transmission, epidemiology, evolutionary genetics, molecular epidemiology and control. *Advances in Parasitology* **69**: 41–146. DOI: 10.1016/S0065-308X(09)69002-3.
- Mas-Coma S., Valero M.A. and Bargues M.D., 2009b. Climate change effects on trematodiasis, with emphasis on zoonotic fascioliasis and schistosomiasis. *Veterinary Parasitology* **163** (4): 264–280. DOI: 10.1016/j.vetpar.2009.03.024.
- Mekroud A., Benakhla A., Benlatreche C., Rondelaud D. and Dreyfuss G., 2002. First studies on the habitats of *Galba truncatula*, the snail host of *Fasciola hepatica*, and the dynamics of snail populations in

northeastern Algeria. *Revue de Médecine Vétérinaire* **153** (3): 181–188.

Mekroud A., Benakhla A., Vignoles P., Rondelaud D. and Dreyfuss G., 2004. Preliminary studies on the prevalences of natural fasciolosis in cattle, sheep, and the host snail (*Galba truncatula*) in northeastern Algeria. *Parasitology Research* **92** (6): 502–505. DOI: 10.1007/s00436-004-1072-1.

Moukrim A. and Rondelaud D., 1991. Premières données épidémiologiques sur un foyer de distomatose animale à *Fasciola hepatica* L. dans la vallée de l'Oued Massa (Maroc). *Revue de Médecine Vétérinaire* **142** (6): 839–843.

Moukrim A. and Rondelaud D., 1992. Vertical spatial behaviour patterns of *Lymnaea truncatula* in relation with origin of snails, infection with *Fasciola hepatica*, and experimental environment. *Annales de Parasitologie Humaine et Comparée* **67** (6): 174–179. DOI: 10.1051/parasite/1992676174.

Novobilský A., Kašný M., Beran L., Rondelaud D. and Höglund J., 2013. *Lymnaea palustris* and *Lymnaea fuscus* are potential but uncommon intermediate hosts of *Fasciola hepatica* in Sweden. *Parasites and Vectors* **6**: 251. DOI: 10.1186/1756-3305-6-251.

Novobilský A., Engström A., Sollenberg S., Gustafsson K., Morrisson D.A. and Höglund J., 2014. Transmission patterns of *Fasciola hepatica* to ruminants in Sweden. *Veterinary Parasitology* **203** (3-4): 276–286. DOI: 10.1016/j.vetpar.2014.04.015.

Ollerenshaw C.B., 1959. The ecology of the liver fluke (*Fasciola hepatica*). *Veterinary Record* **71** (1959): 957–963.

Ollerenshaw C.B., 1971. Some observations on the epidemiology of fascioliasis in relation to the timing of

molluscicide applications in the control of the disease. *Veterinary Record* **88** (6): 152–164.

Ollerenshaw C.B. and Smith L.P., 1969. Meteorological factors and forecasts of helminthic diseases. *Advances in Parasitology* **7**: 283–323. DOI: 10.1016/s0065-308x(08)60437-6.

Osenberg C.W., 1989. Resource limitation, competition and the influence of life history in a freshwater snail community. *Oecologia* **79**: 512–519. DOI: 10.1007/BF00378669.

Poulin R., 2006. Global warming and temperature-mediated increases in cercarial emergence in trematode parasites. *Parasitology* **132** (Pt 1): 143–151. DOI: 10.1017/S0031182005008693.

R Core Team, 2016. R: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. Disponible sur <https://www.R-project.org> (consulté le 15 mars 2020).

Relf V., Good B., McCarthy E. and De Waal T., 2009. Evidence of *Fasciola hepatica* infection in *Radix peregra* and a mollusc of the family Succineidae in Ireland. *Veterinary Parasitology* **163** (1-2): 152–155. DOI: 10.1016/j.vetpar.2009.04.003.

Relf V.E., Good B., Hanzahan J.P. and McCarthy E., 2011. Temporal studies on *Fasciola hepatica* in *Galba truncatula* in the west of Ireland. *Veterinary Parasitology* **175** (3-4): 287–292. DOI: 10.1016/j.vetpar.2010.10.010.

Rondelaud D., 1983. Les réseaux de drainage superficiel et leur colonisation par *Lymnaea truncatula* Müller. A propos de quatre années d'observations en Haute-Vienne, France. *Annales de Recherches Vétérinaires* **14** (1): 57–63.

- Rondelaud D. and Morel-Vareille C., 1975. Distribution estivale et survie des Limnées tronquées (*Lymnaea (Galba) truncatula* Müller) saines ou infestées par *Fasciola hepatica* L. *Annales de Parasitologie Humaine et Comparée* **50** (5): 603–616. DOI: 10.1051/parasite/1975505603.
- Rondelaud D., Vignoles P. and Dreyfuss G., 2003. First field observations on the aestivation of *Omphiscola glabra* (Gastropoda, Lymnaeidae) uninfected or infected with *Fasciola hepatica* in central France. *Annales de Limnologie-International Journal of Limnology* **39** (2): 129–133. DOI: 10.1051/limn/2003010.
- Rondelaud D., Vignoles P. and Dreyfuss G., 2009. La Limnée tronquée, un mollusque d'intérêt médical et vétérinaire. PULIM, Limoges, 283 pp.
- Rondelaud D., Vignoles P. and Dreyfuss G., 2017. La Limnée étroite (*Omphiscola glabra* O.F. Müller, 1774): les caractéristiques des habitats sur sols acides en fonction du type de biotope. *MalaCo* **13**: 1–4.
- Rondelaud D., Hourdin P., Vignoles P. and 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. *Parasitology Research* **95** (5): 305–309. DOI: 10.1007/s00436-004-1283-5.
- Rondelaud D., Hourdin P., Vignoles P., Dreyfuss G. and Cabaret J., 2011. The detection of snail host habitats in liver fluke infected farms by use of plant indicators. *Veterinary Parasitology* **181** (2-4): 166–173. DOI: 10.1016/j.vetpar.2011.03.056.
- Rondelaud D., Titi A., Vignoles P., Mekroud A. and Dreyfuss G., 2014. Adaptation of preadult *Lymnaea fuscus* and *Radix balthica* to *Fasciola hepatica* through the infection of several successive generations of snails. *Parasites and Vectors* **7**: 296. DOI: 10.1186/1756-3305-7-296.
- Rosenzweig C., Karoly D., Vicarelli M., Neofotis P., Wu Q., Casassa G., Menzel A., Root T.L., Estrella N., Seguin B., Tryjanowski P., Liu C., Rawlins S. and Imeson A., 2008. Attributing physical and biological impacts to anthropogenic climate change. *Nature* **453** (7193): 353–357. DOI: 10.1038/nature06937.
- Sabourin E. 2018. Dynamique de la fasciolose dans un système fortement anthropisé : la Camargue. Thèse de Doctorat, Université de Montpellier, 252 pp.
- Salo T., Stamm C., Burdon F.J., Räsänen K. and Seppälä O., 2017. Resilience to heat waves in the aquatic snail *Lymnaea stagnalis*: additive and interactive effects with micropollutants. *Freshwater Biology* **62** (11): 1831–1846. DOI: 10.1111/fwb.12999.
- Shapiro S.S. and Wilk M.B., 1965. An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika* **52** (3-4): 591–611. DOI: 10.1093/biomet/52.3-4.591.
- Short E.E., Caminade C. and Thomas B.N. 2017. Climate change: contribution to the emergence or re-emergence of parasitic diseases. *Infectious Diseases (Auckland)* **10**: 1178633617732296. DOI: 10.1177/1178633617732296.
- Stocker T.F., Qin D., Plattner G.K., Tignor M., Allen S.K., Boschung J., Nauels A., Xia Y., Bex V. and Midgley P.M., 2013. Climate change 2013: the physical science basis. Contribution of working group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge University Press, Cambridge and New York, 1535 pp.

Taylor M., 2009. Changing patterns of parasitism in sheep. *In Practice* **31**: 474-483. DOI: 10.1136/inpract.31.10.474.

Van Dijk J., Sargison N.D., Kenyon F. and Skuce P.J., 2010. Climate change and infectious disease: helminthological challenges to farmed ruminants in temperate regions. *Animal* **4** (3): 377–392. DOI: 10.1017/S1751731109990991.

Vareille L., Vareille-Morel C., Dreyfuss G. and Rondelaud D., 1996. Les gîtes à limnées dans les prairies marécageuses sur sol acide : les effets d'impacts agricoles. *Annales de Limnologie-International Journal of Limnology* **32** (3): 97–104. DOI: 10.1051/limn/1996012.

Vareille-Morel C., Dreyfuss G. and Rondelaud D., 1999. The characteristics of habitats colonized by three species of *Lymnaea* in swampy meadows on acid soil: their interest for fasciolosis control. *Annales de Limnologie-International Journal of Limnology* **35** (3): 173–178. DOI: 10.1051/limn/1999024.

Vareille-Morel C., Dreyfuss G. and Rondelaud D., 2007. Les habitats des

Lymnaeidae sur sol acide. A propos de quelques observations dans la région Limousin sur une trentaine d'années. *MalaCo* **4**: 143–147.

Vignoles P., Rondelaud D. and Dreyfuss G., 2016. Aptitude of *Lymnaea palustris* and *L. stagnalis* to *Fasciola hepatica* larval development through the infection of several successive generations of 4-mm high snails. *Parasitology Research* **115** (6): 2263–2268. DOI: 10.1007/s00436-016-4969-6.

Vignoles P., Rondelaud D. and Dreyfuss G., 2018. *The snail Omphiscola glabra. Ecology, parasitism and conservation.* Editions Universitaires Européennes, Sarrebruck, Germany, 194 pp.

Woodward G., Perkins D.M. and Brown L.E., 2010. Climate change and freshwater ecosystems: impacts across multiple levels of organization. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* **365** (1549): 2093–2106. DOI: 10.1098/rstb.2010.0055.

Tableau 1 : Distribution numérique des populations de *Galba truncatula* et d'*Omphiscola glabra* en 2013-2014 et en 2020 dans le nord-ouest et l'ouest de la Haute-Vienne. Les pourcentages correspondant à la diminution du nombre d'habitats entre les deux périodes d'investigations sont indiqués entre parenthèses.

Type d'habitat	Nombre de populations (diminution en %)			
	<i>Galba truncatula</i>		<i>Omphiscola glabra</i>	
	2013-2014	2020	2013-2014	2020
Rigoles sans source	187	99 (47,1)*	73	49 (32,9)*
Rigoles avec source	105	76 (27,7)*	106	89 (16,1)
Jonchaies avec source	155	112 (27,8)	75	64 (14,7)
Fossés de drainage	27	13 (51,9)	21	15 (28,6)
Zones piétinées	5	1 (80,0)	1	0 (100)
Bords d'étang	1	0 (100)	6	1 (83,4)
Berges de ruisseau	3	1 (66,6)	6	2 (66,8)
Totaux	483	302 (37,5)	288	220 (23,7)

Tableau 2 : Etat récapitulatif des 17 populations qui se sont déplacées vers l'aval du réseau de drainage, avec indication de la distance entre l'habitat de 2013-2014 et celui de 2020 ainsi que du nombre de populations concernées. ^a, extrémité amont de la rigole ; ^b, zone médiane.

Espèce de la limnée	Déplacement d'une population vers l'aval			Nombre
	Habitat en 2013-2014	Habitat en 2020	Distance (m)*	
<i>Galba truncatula</i>	Rigole sans source ^a	Sur la même rigole	5-11	5
		Sur le fossé	15-24	2
	Rigole avec source ^a	Sur la même rigole	7-16	4
<i>Omphiscola glabra</i>	Rigole sans source ^b	Ouverture sur le fossé	5-9	4
		Sur le fossé	13-18	2

* Valeurs minimale et maximale.

Tableau 3 : Superficie des habitats occupés par *Galba truncatula* et *Omphiscola glabra* dans 190 prairies marécageuses situées dans le nord-ouest et l'ouest de la Haute-Vienne. Les moyennes sont fournies avec leurs écarts types.

Type d'habitat	Superficie des habitats (m ²) : moyenne ± écart type			
	<i>Galba truncatula</i>		<i>Omphiscola glabra</i>	
	2013-2014	2020	2013-2014	2020
Rigoles sans source	1,3 ± 0,4	1,1 ± 0,5	6,3 ± 2,2	3,1 ± 1,3
Rigoles avec source	1,9 ± 0,8	2,2 ± 0,9	8,4 ± 3,4	6,1 ± 3,2
Jonchaies avec source	1,4 ± 0,5	1,5 ± 0,4	5,3 ± 1,7	4,7 ± 1,8
Fossés de drainage	1,3 ± 0,7	1,1 ± 0,8	3,2 ± 1,3	2,1 ± 0,9
Zones piétinées	6,3 ± 2,4	3,5	3,0	0
Bords d'étang	3,1	0	2,5 ± 0,9	1,9
Berges de ruisseau	5,5 ± 2,0	2,4	7,3 ± 3,5	4,3 ± 1,1
Totaux	1,5 ± 1,0	1,5 ± 0,7	6,5 ± 2,7	4,8 ± 2,3

Tableau 4 : Densité des *Galba truncatula* transhivernants dans 190 prairies marécageuses situées dans le nord-ouest et l'ouest de la Haute-Vienne. Les moyennes sont indiquées avec leurs écarts types.

Type d'habitat	Densité de <i>Galba truncatula</i> par mètre carré d'habitat : moyenne \pm écart type		
	2013-2014	2020	Déclin (%)
Rigoles sans source	24,4 \pm 8,7	3,2 \pm 1,5	86,9
Rigoles avec source	29,6 \pm 11,1	7,3 \pm 2,9	75,4
Jonchaies avec source	11,3 \pm 4,2	6,3 \pm 2,5	44,3
Fossés de drainage	14,2 \pm 5,1	1,3 \pm 0,9	90,9
Zones piétinées	2,1 \pm 0,6	0,6	71,5
Bords d'étang	13,2	0	100
Berges de ruisseau	4,3 \pm 0,9	4,2	2,4
Totaux	20,5 \pm 7,2	5,2 \pm 2,1	74,7

Tableau 5 : Densité des *Omphiscola glabra* transhivernants dans 190 prairies marécageuses situées dans le nord-ouest et l'ouest de la Haute-Vienne. Les moyennes sont indiquées avec leurs écarts types.

Type d'habitat	Densité d' <i>Omphiscola glabra</i> par mètre carré d'habitat : moyenne \pm écart type		
	2013-2014	2020	Déclin (%)
Rigoles sans source	6,1 \pm 1,5	1,7 \pm 1,1	72,2
Rigoles avec source	8,5 \pm 2,1	3,7 \pm 1,9	56,5
Jonchaies avec source	2,5 \pm 0,9	1,8 \pm 0,9	28,0
Fossés de drainage	2,9 \pm 1,2	1,9 \pm 1,0	34,5
Zones piétinées	0,6	0	100
Bords d'étang	1,7 \pm 0,7	0,6	64,8
Berges de ruisseau	5,2 \pm 1,9	2,2 \pm 1,5	57,7
Totaux	5,6 \pm 1,8	2,5 \pm 1,1	55,4

Figure 1 : Bloc-diagramme montrant la localisation des habitats colonisés par *Galba truncatula* (○) et *Omphiscola glabra* (●) sur le réseau de drainage superficiel dans une prairie marécageuse sur sol acide. Abréviations : ZH, zone hygrophile ; ZM, zone mésophile ; ST, source temporaire.

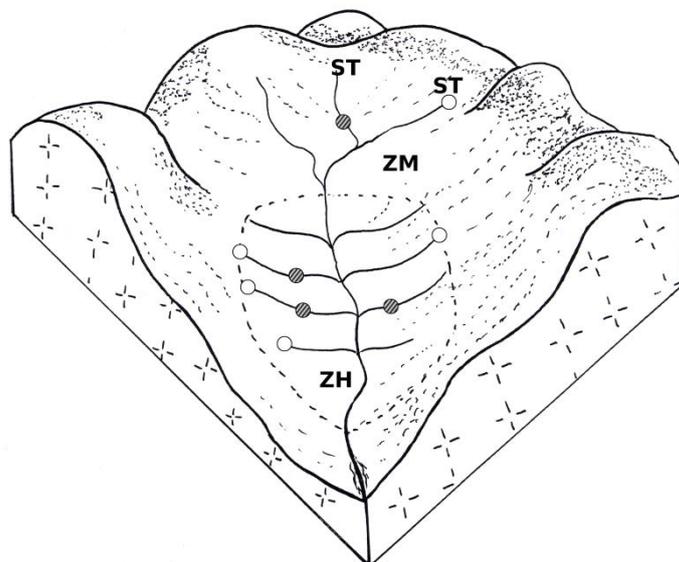
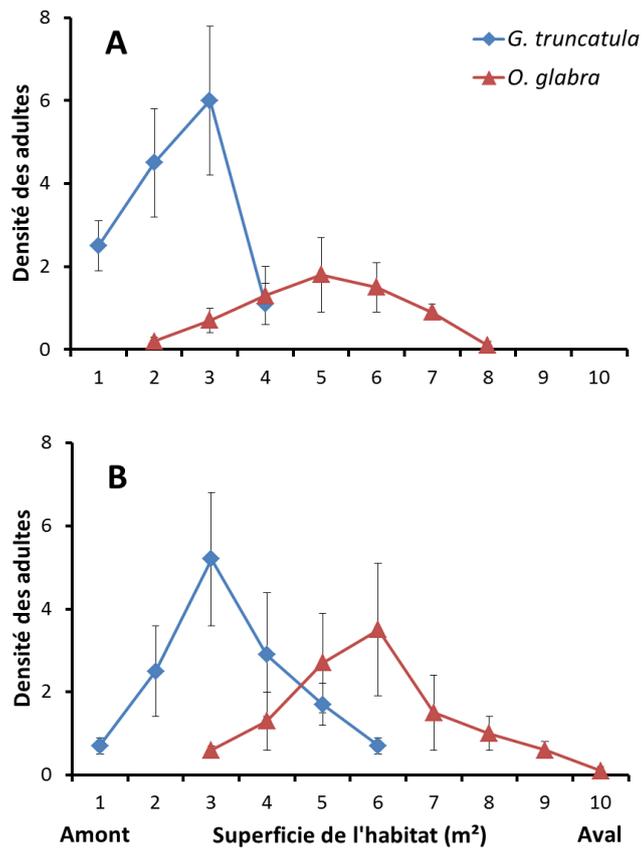


Figure 2 : Densités de *Galba truncatula* et d'*Omphiscola glabra* par rapport à la superficie de l'habitat commun, exprimée sous forme d'aires de 1 m² chacune, en allant de l'amont vers l'aval : rigoles dépourvues de sources (2A) et rigoles alimentées par des sources (2B). Les valeurs proviennent de relevés effectués en 2020 dans sept habitats peuplés par une communauté mixte. Les moyennes sont indiquées avec leurs écarts types.



Recensement des Herbiers de France : l'Herbier de René Vallet, élève de l'Ecole d'horticulture d'Objat-Voutezac (Corrèze) en 1947

Michel HOFF¹ et Sylvie VALLET²

¹ 15, rue de Saint-Léonard, F-67200 Strasbourg - michel.hoff@free.fr. Analyse de l'herbier, discussions et photographies.

² 23, rue du Faudé, F-68370 Orbey - sylvie_vallet@hotmail.com. Biographie

Résumé :

L'Herbier de René Vallet a été constitué lors de ses études à l'Ecole Horticole d'Objat-Voutezac en Corrèze en 1947. Il rassemble 204 spécimens de 170 espèces différentes. Les plantes rassemblées sont essentiellement des espèces des milieux agricoles (prés et prairies, champs, chemins, talus) avec quelques herbacées forestières. Le nombre d'orchidées est important. Cet herbier montre ce que devait connaître un élève horticulteur à la fin des années 1940.

Mots-Clés : Herbier, Ecole d'Horticulture, Corrèze.

Census of the Herbaria of France: the Herbarium of René Vallet, pupil of the School of horticulture of Objat-Voutezac (Corrèze) in 1947

Abstract:

René Vallet's Herbarium was established during his studies at the Horticultural School of Objat-Voutezac in Corrèze in 1947. It brings together 204 specimens of 170 different species. The plants collected are essentially species from agricultural environments (meadows and pasture, fields, paths, slopes) with some forest herbaceous plants. There is a relatively great number of orchids. This herbarium shows what a horticultural student had to know at the end of the 1940s.

Key-Words: Herbarium, Horticultural School, Corrèze.

Introduction

L'herbier étudié appartient à Mme Sylvie Vallet et a été réalisé par M. René Vallet, son père. Il a été prêté à la Société Botanique d'Alsace pour en faire l'analyse dans le cadre des programmes ReColNat et Collections en ligne (CoEL) de telabotanica et du recensement des Herbiers de France.

Biographie de M. René Vallet

René Vallet est né le 12 mai 1931 à Déols (Indre) de parents horticulteurs – fleuristes. Aîné de cinq enfants. Il passe son certificat d'études à treize ans (« HEC,

Hautes Etudes Communales de Déols » !) puis passe un an en école privée à Châteauroux (Indre).

Il entre ensuite à l'Ecole d'horticulture d'Objat-Voutezac¹, sur le domaine de Murat, commune de Voutezac, en Corrèze. Les cours de botanique étaient dits de botanique générale la première année, c'est-à-dire de biologie végétale, et de botanique spécialisée la deuxième année, portant principalement sur l'étude des familles. René Vallet se rappelle d'expériences de germination de grains de

¹ Cette école existe toujours sous le nom de : Ecole de l'Horticulture et du Paysage de Brive-Voutezac.

pollen, et aussi d'expériences de chimie qui rataient très souvent ...



M. René Vallet en 1949

S'y ajoutaient des cours de culture florale, de phytopathologie, d'entomologie, de mathématique, de physique et de français. Il y avait tous les jours ½ journée d'étude en salle et ½ journée de pratique au jardin. Chaque élève devait constituer un herbier, sur son temps libre mais avec l'aide du professeur de botanique, Monsieur Genestine (botanique générale et spécialisée). C'était essentiellement les plantes herbacées qui étaient étudiées. Les ligneux étaient étudiés à la fin, dans une optique paysagère. Les élèves s'échangeaient parfois des échantillons, c'est ainsi que l'herbier de René Vallet comporte des plantes collectées par Lucien Couloumy, dont les parents étaient agriculteurs à Condat-sur-Ganaveix, près d'Uzerche, et dont il a ensuite repris l'exploitation, par Texier de Paris et par Jacques Guesne.

Il y avait beaucoup d'arbustes d'ornement, sur un petit pré en aval de la rivière, près de Murat, qui est revenu en friche par la suite. Le domaine comportait aussi un pré de 13 ha qui longeait la rivière, et où était parfois mise une jument. Au fond du pré se trouvait un verger fruitier. Comme la Corrèze était une région d'élevage, beaucoup de fils de paysans

venaient suivre la formation de l'école d'horticulture, qui s'était dotée d'une étable avec des vaches laitières. Sur la rivière, il y avait une petite usine électrique qui alimentait l'école et les installations. Un jardin botanique avait été aménagé sur une petite île formée derrière l'usine. En 1946, il y avait une serre, et trois ont été rajoutées quelques années plus tard.

Après être sorti premier de sa promotion, René Vallet travaille dans l'entreprise familiale à Déols pendant un an environ, puis effectue son service militaire du 15/10/1951 au 06/04/1953 (18 mois) dans les transmissions, à Laval, Rennes, Blois et de nouveau Rennes. Il effectuera par la suite deux « périodes » de deux ou trois jours.

Après le service militaire, il retourne travailler pour ses parents, avant de reprendre l'entreprise familiale à son compte, à 39 ans, après le décès de sa mère et la retraite de son père. La propriété consistait en un terrain d'environ 0,5 ha, trois grandes serres, deux petites, une tonne à eau, deux bassins. Au départ, les fleurs et plantes, cultivées ou achetées, étaient vendues dans l'entrée de la maison familiale. Quand il a repris l'entreprise, René Vallet a fait construire un magasin, puis un tunnel d'abri pour les plantes. Il cultivait des fleurs à couper et des plantes en pot, d'extérieur et d'intérieur, et en achetait. Par exemple, on achetait des azalées de Belgique, des œillets de Nice en hiver ... Les cyclamens étaient semés, les chrysanthèmes cultivés. Pour certaines plantes c'était mixte : par exemple, les hortensias étaient achetés en « plant sec » et mis à fleurir ; pour les glaïeuls et jacinthes, on achetait des oignons qu'on plantait.

Marié, René Vallet est père de trois filles.

Lors des promenades dominicales en famille, très souvent en campagne ou en forêt, il nommait souvent les plantes qu'on voyait, en citant la famille. C'était une manière de garder les noms en mémoire, et

cela a été une manière de sensibilisation pour ses filles. A part cela, son loisir était la chasse, presque uniquement au petit gibier, dans la région naturelle du Boischaud Sud, une région naturelle située au sud de Châteauroux entre l'Indre et le Cher.

A la retraite, lui et son épouse (institutrice retraitée) ont fait quelques sorties botaniques avec le groupe des retraités de la MGEN de l'Indre. Il se rappelle avoir ainsi découvert quelques plantes, par exemple une nouvelle orobanche, grâce à Monsieur Auroux et un autre botaniste chevronné de ce groupe. Ils ont également fait quelques grands voyages, au Mexique, en Egypte, et en Thaïlande, d'où la présence d'un épi de riz dans l'herbier.

Présentation de l'herbier

L'herbier est constitué d'une liasse dans un dossier en carton de 46 x 30 x 9 cm (figure 1).

Les spécimens sont rassemblés par famille par une petite chemise avec le nom de la famille (figure 3). Les spécimens sont fixés par des languettes de papier collées sur des feuilles brunes de 45-46 x 28 cm (figures 3 et 4).

Les étiquettes de 10 x 7 cm sont préimprimées (N. BOUBÉE, Naturaliste, 3, place St-André-des-Arts, Paris) avec les informations suivantes (figure 2) :

HERBIER
Famille des :
Nom scientifique
Nom français
Noms vulgaires
Date et lieu de récolte
Habitat
Propriétés et usages
N. BOUBÉE, Naturaliste, 3, place St-André-des-Arts, Paris

Les collecteurs sont au nombre de quatre : René Vallet (163 spécimens), Lucien Couloumy (35), Texier (5) et Jacques Guesne (1). Il s'agit d'élève de la même promotion de l'Ecole d'Horticulture.

Le nombre de spécimens est de 204 et l'herbier rassemble 170 espèces différentes, une quinzaine d'espèces sont en double, avec un spécimen de René Vallet et un spécimen de Lucien Couloumy (annexe 1).

Tous les spécimens ont été collectés entre mars à juillet 1947.

Les localités de collecte sont Voutezac avec les lieux-dits Murat et Le Saillant, Objat, Yssandon (orthographié Issandon), Uzerche, Condat-sur-Ganaveix dans le département de la Corrèze, Déols dans l'Indre, Le Mont-Dore dans le Puy de Dôme et un spécimen de Thaïlande (cartes 1 et 2 et annexe 3).

Les habitats de collecte sont : bois, prés, champs, chemins, coteaux, haies, talus, sous-bois, endroits humides, endroits sableux et endroits incultes.

Les familles des Asteraceae², des Caryophyllaceae, des Fabaceae, des Lamiaceae, des Orchidaceae, des Poaceae, des Rosaceae, des Rubiaceae et des Scrophulariaceae sont bien représentées, avec plus de 8 spécimens (annexe 2). Les espèces communes des champs, des chemins, des haies et des prés sont nombreuses. Il y a cependant peu d'espèces des sous-bois forestiers et une absence quasi totale de ligneux, arbres ou arbustes ainsi que de plantes cultivées, notamment les plantes horticoles.

Plusieurs espèces sont remarquables³ : *Agrostemma githago*, *Androsaemum officinale* (= *Hypericum androsaemum*), *Carex hordeistichos* (à vérifier), *Dactylorhiza maculata*, *Limodorum abortivum*, *Ophrys fusca*, *Orchis coriophora*, *Orchis laxiflora*, *Ornithogalum pyrenaicum*, *Osmunda*

² Les noms des familles ont été actualisés.

³ Espèces remarquables = espèces rares, protégées ou menacées.

regalis, *Pedicularis verticillata*,
Ranunculus flammula, *Ranunculus*
ophioglossifolius (détruit), *Serapias lingua*,
Sherardia arvensis, *Symphytum*
*tuberosum*⁴.

Etat de l'herbier : Une trentaine de planches n'ont plus de spécimens (surtout dans la collection de Lucien Couloumy) et quelques planches sont très abîmées par l'humidité. Le reste de l'herbier, environ 160 planches est de grande qualité, les spécimens sont bien présentés, complets et ils sont tous déterminables.

Les informations des spécimens ont été enregistrées dans la base Pro.Herbario de la Société Botanique d'Alsace.

Discussion

Les collections d'histoire naturelle sont de plusieurs types en fonction de leur valeur et de leur intérêt scientifique (A. Ghestem *et al.*, 2007). A côté des herbiers d'étude et de recherche et des herbiers patrimoniaux, les herbiers éducatifs et d'enseignement sont nombreux. Plusieurs petits herbiers de collégiens ou de lycéens d'Ecole d'Agriculture ont été étudiés dans le cadre du recensement des Herbiers de France, l'Herbier Michel Balat de l'Ecole d'Agriculture de Grangeneuve du Canton de Fribourg (M. Hoff *et al.*, 2020), l'Herbier Bernard Jacquot du Lycée agricole de Nancy-Pixérécourt (M. Hoff et A. Frommelt, 2018) et le « Kit » Herbier des Potasses d'Alsace pour les jeunes agriculteurs (J. Garaudeaux, s.d., M. Hoff et H. Royer, 2017). Un autre petit herbier du Massif Central, de Saint-Privat-d'Allier a également été analysé (C. Zuchlag et M. Hoff, 2016). Tous ces herbiers se caractérisent par la prédominance des espèces herbacées des habitats secondarisés, prés, prairies, champs, chemins, haies, avec parfois quelques plantes herbacées forestières, et par la

quasi-absence d'espèces non liées aux milieux agricoles, comme les plantes ligneuses et aquatiques, ou les espèces ornementales. Les spécimens sont généralement bien présentés et les déterminations précises. Ces herbiers ont été corrigés par l'enseignant. Le nombre de spécimens varie de 150 à 300 espèces. Par contre, les localisations se limitent souvent à la commune, le lieu-dit est rarement noté. L'habitat est également assez sommaire. Dans l'Herbier R. Vallet, il n'y a aucun « Propriétés et usages » de précisé.

L'Herbier Vallet présente quelques particularités, il a été constitué par plusieurs collecteurs, le nombre de spécimens d'orchidées (21) est important, la plupart ayant été collecté par Lucien Couloumy et il n'y a pratiquement aucune espèce horticole, alors qu'il a été réalisé dans le cadre d'un enseignement de botanique dans l'Ecole d'horticulture d'Objat-Voutezac.

Conclusion

L'analyse de cet herbier a été réalisé dans le cadre d'une opération de réhabilitation des « Petits Herbiers » (M. Hoff, 2019), collections souvent négligées car constituées par des lycéens, des étudiants ou par des agronomes, des forestiers, des pharmaciens, et surtout par des amateurs, mais qui rassemblent des dizaines de milliers d'informations botaniques sur tout le territoire français. Chaque herbier apporte quelques données originales, anciennes ou plus récentes, sur la biodiversité d'une commune ou d'une petite région française.

Bibliographie

Garaudeaux, J., s.d.. Pourquoi et comment faire un herbier des plantes des prairies ? Documentation technique des Potasses d'Alsace, Mulhouse. : 38 p.

Ghestem, A., Cartigny, J., Vilks, A., 2007. L'Herbier de Jean-Baptiste Fray-Fournier,

⁴ Les noms des espèces ont été actualisés avec Taxref_v13

une collection patrimoniale. *Annales Scientifiques du Limousin* **18** : 1-11.

Hoff, M., 2019. *Que faire des petits herbiers ?* Conférence. Journée du réseau des herbiers / Reclon. Nancy le 17 mai 2019. Société Botanique d'Alsace et Pro.Herbario.

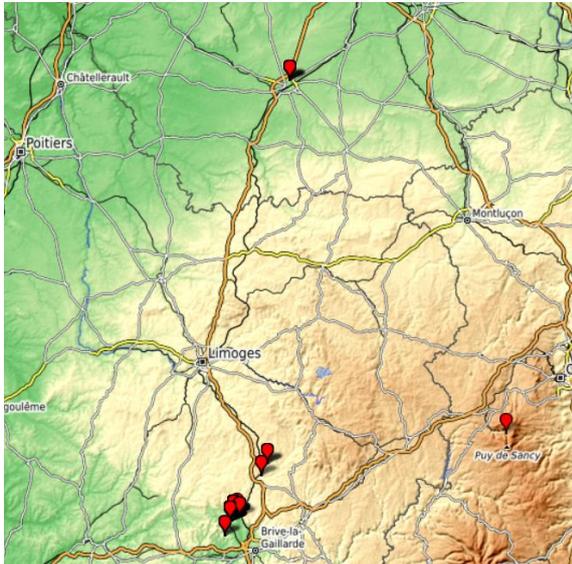
Hoff, M., Brahy, Y., Desalme, C., 2020. Recensement des Herbiers de Lorraine. Deux anciens herbiers de famille à Epinal (Vosges). *Bulletin de Liaison de la Société Botanique d'Alsace* **39** : 51-67.

Hoff, M., Frommelt, A., 2018. L'Herbier d'un lycéen du Lycée agricole de Nancy-

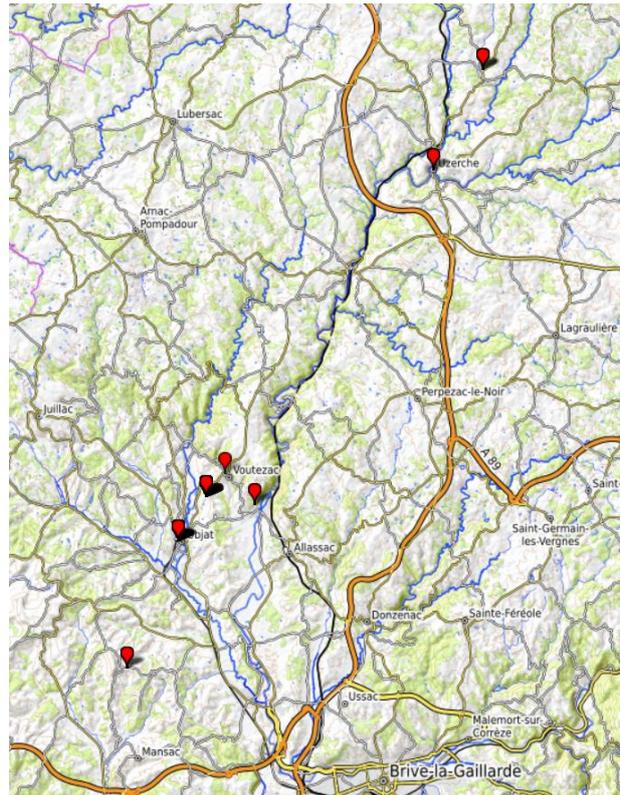
Pixérécourt, l'herbier Bernard Jacquot (1961). Floraine, Association des botanistes lorrain. *Willemetia* : 9 p. <http://www.floraine.net/>

Hoff, M., Royer, H., 2017. L'Herbier des Potasses d'Alsace. Un « kit » herbier des plantes des prairies pour les jeunes agriculteurs. *Bulletin de Liaison de la Société Botanique d'Alsace* **37** : 45-56.

Zuschlag, C., Hoff, M., 2016. Un Herbier d'étudiant de Saint-Privat d'Allier, réalisé en 1942. *Digitalis* **12** : 14-24. Association Botanique Digitalis, Le Puy en Velay.



Carte 1 : Carte générale des collectes



Carte 2 : Carte des collectes en Corrèze



Figure 1 : L'Herbier René Vallet

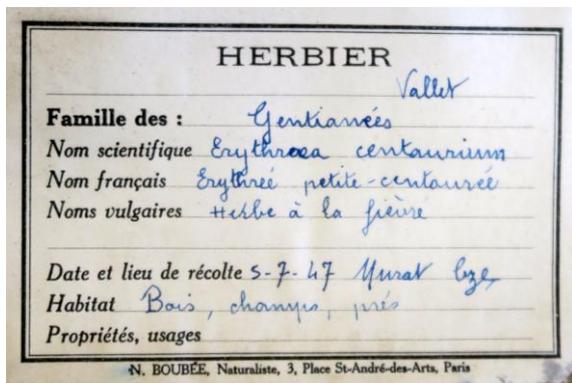
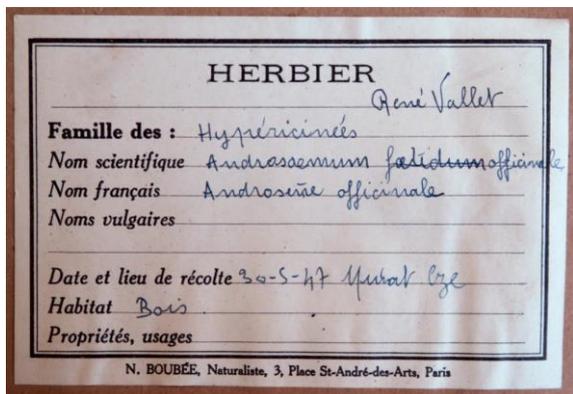
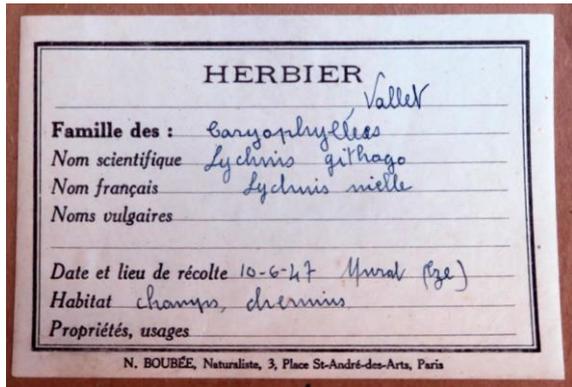
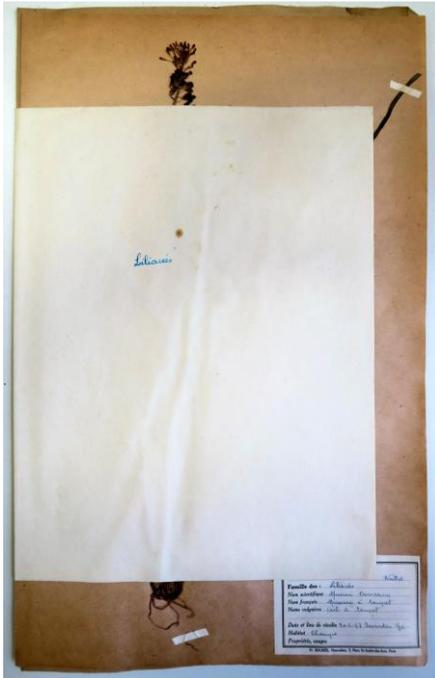


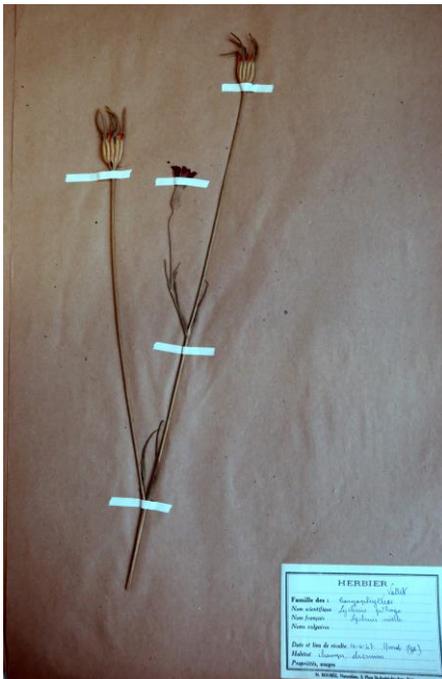
Figure 2 : Etiquettes de l'Herbier René Vallet



Famille des Liliaceae



Centaurium erythraea



Agrostemma githago

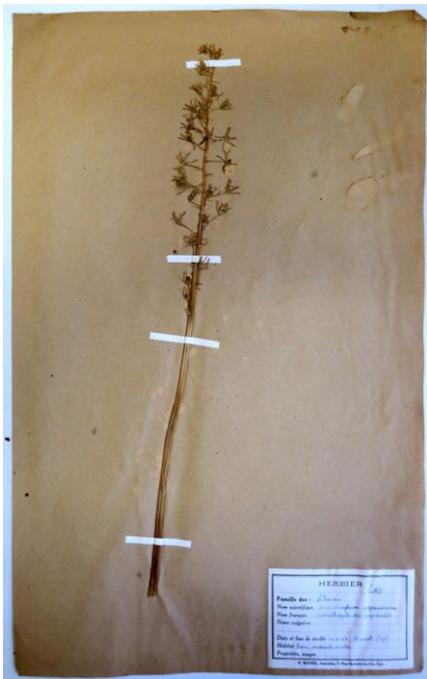


Agrostemma githago (détail)

Figure 3 : Quelques spécimens de l'Herbier René Vallet



Hypericum androsaemum



Ornithogalum pyrenaicum

Figure 4 : Quelques spécimens de l'Herbier René Vallet

Annexe 1

Liste des espèces récoltées

Nom de l'espèce, commune de collecte, nom du collecteur. Quelques parts sont en double.

<i>Achillea millefolium</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Agrimonia eupatoria</i> L., 1753	Objat	Vallet, R.
<i>Agrostemma githago</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Ajuga reptans</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Alopecurus pratensis</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Anacamptis coriophora</i> (L.) R.M.Bateman, Pridgeon & M.W.Chase, 1997	Objat	Vallet, R.
<i>Anacamptis laxiflora</i> (Lam.) R.M.Bateman, Pridgeon & M.W.Chase, 1997	Voutezac	Vallet, R.
<i>Anacamptis morio</i> (L.) R.M.Bateman, Pridgeon & M.W.Chase, 1997	Objat	Couloumy, L.
<i>Anacamptis morio</i> (L.) R.M.Bateman, Pridgeon & M.W.Chase, 1997	Voutezac	Vallet, R.
<i>Anemone nemorosa</i> L., 1753	Objat	Couloumy, L.
<i>Anemone nemorosa</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Anisantha tectorum</i> (L.) Nevski, 1934	Voutezac	Vallet, R.
<i>Anthyllis vulneraria</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Aquilegia vulgaris</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Arrhenatherum elatius</i> (L.) P. Beauv. ex J.Presl & C.Presl, 1819	Voutezac	Vallet, R.
<i>Asplenium adiantum-nigrum</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Bellis perennis</i> L., 1753	Objat	Couloumy, L.
<i>Bellis perennis</i> L., 1753	Voutezac	Texier
<i>Bellis perennis</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Betonica officinalis</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Blechnum spicant</i> (L.) Roth, 1794	Voutezac	Vallet, R.
<i>Borago officinalis</i> L., 1753	Déols	Vallet, R.
<i>Brachypodium pinnatum</i> (L.) P.Beauv., 1812	Voutezac	Vallet, R.
<i>Bromus hordeaceus</i> subsp. <i>hordeaceus</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Bryonia dioica</i> Jacq., 1774	Voutezac	Vallet, R.
<i>Caltha palustris</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Campanula rapunculus</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik., 1792	Voutezac	Vallet, R.
<i>Cardamine pratensis</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Carthamus mitissimus</i> L., 1753	Déols	Vallet, R.
<i>Centaurea jacea</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Centaureum erythraea</i> Rafn, 1800	Voutezac	Vallet, R.
<i>Chamaemelum nobile</i> (L.) All., 1785	Voutezac	Vallet, R.
<i>Circaea lutetiana</i> L., 1753		Vallet, R.
<i>Circaea lutetiana</i> L., 1753	Objat	Couloumy, L.
<i>Clematis vitalba</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Convallaria majalis</i> L., 1753	Mont Dore	Guesne, J.

<i>Convolvulus arvensis</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Convolvulus sepium</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Cruciata laevipes</i> Opiz, 1852	Objat	Couloumy, L.
<i>Cruciata laevipes</i> Opiz, 1852	Voutezac	Vallet, R.
<i>Cyanus segetum</i> Hill, 1762	Voutezac	Vallet, R.
<i>Dactylis glomerata</i> L., 1753	Objat	Couloumy, L.
<i>Dactylis glomerata</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Dactylorhiza maculata</i> (L.) SoÅ³, 1962	Objat	Couloumy, L.
<i>Dactylorhiza maculata</i> (L.) SoÅ³, 1962	Objat	Couloumy, L.
<i>Dactylorhiza maculata</i> (L.) SoÅ³, 1962	Voutezac	Vallet, R.
<i>Daucus carota</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Dianthus carthusianorum</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Digitalis purpurea</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop., 1771	Voutezac	Vallet, R.
<i>Dryopteris filix- mas</i> (L.) Schott, 1834		Vallet, R.
<i>Echinochloa crus- galli</i> (L.) P.Beauv., 1812	Voutezac	Vallet, R.
<i>Equisetum arvense</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Erica cinerea</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Euphorbia amygdaloides</i> L., 1753	Objat	Couloumy, L.
<i>Euphorbia amygdaloides</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Euphorbia cyparissias</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Euphorbia dulcis</i> subsp. <i>incompta</i> (Ces.) Nyman, 1890	Objat	Couloumy, L.
<i>Euphorbia dulcis</i> subsp. <i>incompta</i> (Ces.) Nyman, 1890	Voutezac	Vallet, R.
<i>Euphorbia helioscopia</i> L., 1753	Objat	Couloumy, L.
<i>Euphorbia helioscopia</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Euphrasia officinalis</i> L., 1753	Objat	Couloumy, L.
<i>Euphrasia officinalis</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Filipendula ulmaria</i> (L.) Maxim., 1879	Voutezac	Vallet, R.
<i>Fragaria vesca</i> L., 1753	Objat	Couloumy, L.
<i>Fragaria vesca</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Fumaria officinalis</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Galium aparine</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Galium mollugo</i> L., 1753	Objat	Couloumy, L.
<i>Galium mollugo</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Galium pumilum</i> Murray, 1770	Objat	Vallet, R.
<i>Galium verum</i> L., 1753	Yssandon	Vallet, R.
<i>Genista sagittalis</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Genista tinctoria</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Geranium robertianum</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Geum urbanum</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Glechoma hederacea</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Helianthemum nummularium</i> (L.) Mill., 1768	Objat	Couloumy, L.
<i>Heracleum sphondylium</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Himantoglossum hircinum</i> (L.) Spreng., 1826	Voutezac	Vallet, R.
<i>Hordeum murinum</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Hypericum perforatum</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Impatiens noli- tangere</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.

<i>Jasione montana</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Juncus inflexus</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Juncus tenuis</i> Willd., 1799	Voutezac	Texier
<i>Lamium galeobdolon</i> (L.) L., 1759	Voutezac	Vallet, R.
<i>Lamium maculatum</i> (L.) L., 1763	Voutezac	Vallet, R.
<i>Lathyrus pratensis</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Leucanthemum vulgare</i> Lam., 1779	Voutezac	Vallet, R.
<i>Ligustrum vulgare</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Limodorum abortivum</i> (L.) Sw., 1799	Objat	Vallet, R.
<i>Linaria vulgaris</i> Mill., 1768	Voutezac	Vallet, R.
<i>Lolium perenne</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Ornithogalum pyrenaicum</i> L., 1753 (= <i>Loncomelos pyrenaicus</i> (L.) Hrouda, 1988)	Voutezac	Vallet, R.
<i>Lonicera caprifolium</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Lotus corniculatus</i> L., 1753	Objat	Couloumy, L.
<i>Lotus corniculatus</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Lychnis flos-cuculi</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Lysimachia arvensis</i> (L.) U.Manns & Anderb., 2009	Voutezac	Vallet, R.
<i>Lysimachia nummularia</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Lysimachia vulgaris</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Lythrum salicaria</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Malva alcea</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Medicago lupulina</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Melittis melissophyllum</i> L., 1753	Condat sur Ganaveix	Couloumy, L.
<i>Melittis melissophyllum</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Mentha pulegium</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Mentha suaveolens</i> Ehrh., 1792	Objat	Vallet, R.
<i>Misopates orontium</i> (L.) Raf., 1840	Objat	Vallet, R.
<i>Muscari comosum</i> (L.) Mill., 1768	Yssandon	Vallet, R.
<i>Myosotis scorpioides</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Neotinea ustulata</i> (L.) R.M.Bateman, Pridgeon & M.W.Chase, 1997	Voutezac	Vallet, R.
<i>Neottia ovata</i> (L.) Bluff & Fingerh., 1837	Objat	Couloumy, L.
<i>Neottia ovata</i> (L.) Bluff & Fingerh., 1837	Voutezac	Vallet, R.
<i>Neottia ovata</i> (L.) Bluff & Fingerh., 1837	Voutezac	Vallet, R.
<i>Ononis spinosa</i> subsp. <i>procurrens</i> (Wallr.) Briq., 1913	Yssandon	Vallet, R.
<i>Ophrys holosericea</i> (= <i>Ophrys fuciflora</i> (F.W.Schmidt) Moench, 1802)	Voutezac	Vallet, R.
<i>Ophrys fusca</i> Link, 1800	Objat	Couloumy, L.
<i>Ophrys fusca</i> Link, 1800	Voutezac	Vallet, R.
<i>Orobanche rapum-genistae</i> Thuill., 1799	Voutezac	Vallet, R.
<i>Oryza sativa</i> L., 1753		Vallet, R.
<i>Osmunda regalis</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Oxalis corniculata</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Pedicularis verticillata</i> L., 1753	Condat sur Ganaveix	plante cultivée ou erreur de localité ?)
<i>Persicaria maculosa</i> Gray, 1821	Voutezac	Vallet, R.

<i>Phyteuma spicatum</i> L., 1753	Objat	Couloumy, L.
<i>Phyteuma spicatum</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Plantago lanceolata</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Plantago major</i> L., 1753	Déols	Vallet, R.
<i>Platanthera bifolia</i> (L.) Rich., 1817	Uzerche	Couloumy, L.
<i>Platanthera bifolia</i> (L.) Rich., 1817	Voutezac	Vallet, R.
<i>Platanthera bifolia</i> (L.) Rich., 1817	Voutezac	Vallet, R.
<i>Poa nemoralis</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Poa pratensis</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Polygala vulgaris</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Polygonatum odoratum</i> (Mill.) Druce, 1906	Uzerche	Vallet, R.
<i>Polygonum aviculare</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Polypodium vulgare</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Potentilla erecta</i> (L.) Raeusch., 1797	Objat	Couloumy, L.
<i>Potentilla erecta</i> (L.) Raeusch., 1797	Voutezac	Vallet, R.
<i>Potentilla reptans</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Primula veris</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Prunella vulgaris</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Pulicaria dysenterica</i> (L.) Bernh., 1800	Voutezac	Vallet, R.
<i>Pulmonaria obscura</i> Dumort., 1865	Voutezac	Vallet, R. Note : spécimen à vérifier.
<i>Ranunculus acris</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Ranunculus arvensis</i> L., 1753	Objat	Couloumy, L.
<i>Ranunculus arvensis</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Ranunculus bulbosus</i> L., 1753	Condat sur Ganaveix	Couloumy, L.
<i>Ranunculus bulbosus</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Ranunculus flammula</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Ranunculus flammula</i> var. <i>reptans</i> (L.) Rouy & Foucaud, 1893	Condat sur Ganaveix	Couloumy, L.
<i>Ranunculus flammula</i> var. <i>reptans</i> (L.) Rouy & Foucaud, 1893	Voutezac	Vallet, R.
<i>Ranunculus ophioglossifolius</i> Vill., 1789	Objat	Couloumy, L.
<i>Rhinanthus minor</i> L., 1756	Voutezac	Vallet, R.
<i>Rorippa pyrenaica</i> var. <i>pyrenaica</i> (All.) Rchb., 1838	Voutezac	Vallet, R.
<i>Rumex acetosa</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Rumex acetosella</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Salvia pratensis</i> L., 1753	Déols	Vallet, R.
<i>Sanguisorba officinalis</i> L., 1753	Objat	Vallet, R.
<i>Scirpus sylvaticus</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Scorzonera humilis</i> L., 1753	Voutezac	Texier
<i>Scrophularia nodosa</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Sedum acre</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Sedum cepaea</i> L., 1753	Voutezac	Texier
<i>Sedum cepaea</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Senecio vulgaris</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Serapias lingua</i> L., 1753	Objat	Couloumy, L.

<i>Serapias lingua</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Setaria pumila</i> (Poir.) Roem. & Schult., 1817	Voutezac	Vallet, R.
<i>Sherardia arvensis</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Silene dioica</i> (L.) Clairv., 1811	Objat	Couloumy, L.
<i>Silene dioica</i> (L.) Clairv., 1811	Voutezac	Vallet, R.
<i>Silene vulgaris</i> (Moench) Garcke, 1869	Objat	Couloumy, L.
<i>Silene vulgaris</i> (Moench) Garcke, 1869	Voutezac	Vallet, R.
<i>Sinapis arvensis</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Solanum dulcamara</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Sparganium erectum</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Stachys sylvatica</i> L., 1753	Objat	Couloumy, L.
<i>Stellaria graminea</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Stellaria holostea</i> L., 1753	Objat	Couloumy, L.
<i>Stellaria holostea</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Symphytum tuberosum</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Teucrium scorodonia</i> L., 1753	Objat	Vallet, R.
<i>Thlaspi arvense</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Trifolium arvense</i> L., 1753	Voutezac	Texier
<i>Trifolium ochroleucon</i> Huds., 1762	Objat	Couloumy, L.
<i>Trifolium pratense</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Trifolium repens</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Urtica dioica</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Valeriana officinalis</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Valerianella locusta</i> (L.) Laterr., 1821	Voutezac	Vallet, R.
<i>Veronica chamaedrys</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Veronica officinalis</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Vicia cracca</i> L., 1753	Déols	Vallet, R.
<i>Vicia lathyroides</i> L., 1753	Objat	Couloumy, L.
<i>Vicia sepium</i> L., 1753	Voutezac	Vallet, R.
<i>Viola reichenbachiana</i> Jord. ex Boreau, 1857	Voutezac	Vallet, R.
<i>Viscaria vulgaris</i> Bernh., 1800	Déols	Vallet, R.

Annexe 2

Nombre de spécimens par famille

Apiaceae - (2).	Lamiaceae - (13).
Aspleniaceae - (1).	Lythraceae - (1).
Asteraceae - (12).	Malvaceae - (1).
Balsaminaceae - (1).	Oenotheraceae - (2).
Blechnaceae - (1).	Oleaceae - (1).
Boraginaceae - (4).	Orchidaceae - (21).
Brassicaceae - (5).	Osmundaceae - (1).
Campanulaceae - (4).	Oxalidaceae - (1).
Caprifoliaceae - (1).	Papaveraceae - (1).
Caryophyllaceae - (11).	Plantaginaceae - (2).
Cistaceae - (1).	Poaceae - (15).
Convallariaceae - (2).	Polygalaceae - (1).
Convolvulaceae - (2).	Polygonaceae - (4).
Crassulaceae - (3).	Polypodiaceae - (1).
Cucurbitaceae - (1).	Primulaceae - (4).
Cyperaceae - (1).	Ranunculaceae - (14).
Dryopteridaceae - (1).	Rosaceae - (9).
Equisetaceae - (1).	Rubiaceae - (8).
Ericaceae - (1).	Scrophulariaceae - (11).
Euphorbiaceae - (7).	Solanaceae - (1).
Fabaceae - (15).	Sparganiaceae - (1).
Gentianaceae - (1).	Urticaceae - (1).
Geraniaceae - (1).	Valerianaceae - (2).
Hyacinthaceae - (2).	Violaceae - (1).
Hypericaceae - (1).	
Juncaceae - (2).	

Annexe 3

Nombre de spécimens par commune

Condat-sur-Ganaveix (Corrèze) - (4).
Déols (Indre) - (6).
Mont-Dore (Puy-de-Dôme) - (1).
Objat (Corrèze) - (39).
Uzerche (Corrèze) - (2).
Voutezac (Corrèze) - (146).
Yssandon (Corrèze) - (3).

Suivi à moyen terme du peuplement piscicole sur le réseau hydrographique du Vianon (19) en conditions naturelles.

Sébastien VERSANNE-JANODET^{1,2}, Esteban REMON¹ et Laure MOALLIC¹.

¹ Maison de l'Eau et de la Pêche de la Corrèze (MEP 19), 20 place de l'église, 19160 Neuvic, France, sebastien.vj@mep19.fr.

² Association Agréée de Pêche et de Protection des Milieux Aquatiques (AAPPMA) la Truite Neuvicoise, Mairie, 19160 Neuvic, France.

Résumé :

Une étude pluriannuelle menée sur un cours d'eau corrézien avait pour objectif de suivre le peuplement piscicole par pêche électrique d'inventaire 'De Lury' à la suite de l'arrêt des repeuplements en 1997. Les données acquises mettent en exergue le rôle de l'hydrologie printanière (crues) sur la reproduction de la truite commune, et l'effet structurant du recrutement en juvéniles sur le peuplement en place. Les données acquises suggèrent que la dynamique des populations qui composent le peuplement s'exprime par les phénomènes de prédation et/ou de compétition entre la truite commune et les autres espèces. Les résultats obtenus permettent ainsi de souligner l'intérêt d'une démarche écosystémique dans la mise en œuvre d'études sur les milieux aquatiques. Ce suivi à long terme met en évidence une importante variabilité naturelle dans la composition quantitative du peuplement en place, et ce faisant, confirme la nécessité d'études pluriannuelles pour disposer d'une vision pertinente de l'état du milieu, s'affranchissant des particularités annuelles.

Mots-clés : truite commune, peuplement piscicole, suivi à long terme, dynamique, structuration, crues, compétition, prédation, gestion patrimoniale.

Medium-term monitoring of the fish population on the Vianon river system (19) under natural conditions.

Abstract:

Following the end of trout restocking in a french watercrouse basin (Correze) in 1997, a multi-year study was carried out in order to assess the effect on trout population. Fish stands was estimated using the 'De Lury' removal data survey. The data underlines the role of spring hydrology (specially floods) on the common trout recruitment, and the induced effects on all other species through competition and predation relations. In doing so, it is important to keep an ecosystemic approach, taking into account all the species. This long term study confirmed the natural variability in freshwater fish populations and the need to take a step back to overcome annual specificities.

Key-Words: Brown trout, fish population, long-term monitoring, dynamics, structuring, floods, competition, predation, heritage management.

Introduction

La gestion des milieux aquatiques et des peuplements piscicoles présente généralement une certaine difficulté pour les Associations Agréées de Pêche et de Protection des Milieux Aquatiques (AAPPMA), particulièrement pour trouver les compromis entre les pressions anthropiques sur les milieux, la préservation du patrimoine naturel et le maintien d'une activité halieutique.

Dans ce cadre, la mise en œuvre de repeuplements apparaît souvent comme une solution à court terme, moins en raison de son efficacité (Versanne-Janodet et Moallic 2007) qu'en raison de l'illusion qu'elle donne d'être acteur d'une amélioration des peuplements.

Comme l'AAPPMA de la Truite Neuvicoise est soucieuse du respect de ses objectifs statutaires et souhaite mettre en place une politique de gestion cohérente et rationnelle dans laquelle la connaissance précède la gestion, elle a décidé en 1997 de stopper toute forme de repeuplement sur le bassin versant du Vianon (19) et de mettre en place un suivi des peuplements à partir de 1998.

Après avoir présenté le contexte de l'étude, nous aborderons les résultats issus de ce suivi en évoquant notamment les fluctuations du peuplement piscicole du Vianon, avec une attention plus particulière à la population de truite commune et à sa relation avec les autres espèces du milieu.

Matériel et méthodes

Site d'étude : le Vianon (19)

Contexte géographique et intérêt du site d'étude :

Le Vianon est un petit cours d'eau du nord-est de la Corrèze qui serpente sur un axe nord-sud. Il prend sa source au lieu-dit « Espinet » (Saint Angel, 19) et conflue après 27,6 km avec la Luzège (affluent de la Dordogne) au niveau de la retenue hydroélectrique de la Luzège (Figure 1). Le

bassin versant a une superficie de 97 km² et il est essentiellement forestier (71 %, Manière et Petitjean, 2011).

De sa source à St Hilaire Luc (figure 1), le Vianon circule dans une vallée de plateau assez large et présente une pente moyenne (8,1 %) avant d'entrer dans une zone de gorges encaissées où la pente est plus importante (16,3 %). Sur ce premier secteur, le cours d'eau présente une largeur moyenne à l'étiage de 4 m environ, tandis qu'il approche les 8 m sur le second secteur.

Le régime hydrologique est de type pluvial et il est très lié au climat de type montagnard à forte tendance océanique (env. 1200 mm de précipitations annuelles ; ASCONIT Consultants 2014).

Le contexte géologique local est celui des séries métamorphiques de la moyenne Dordogne. Le cours d'eau s'écoule sur un socle granitique et métamorphique (granite, gneiss et migmatite apparaissant comme les principales roches rencontrées ; <http://www.infoterre.brgm.fr>).

Les avantages que représente l'étude de ce cours d'eau sont multiples : i) la quasi-totalité du bassin est gérée par l'AAPPMA de la Truite Neuvicoise qui dispose donc d'une grande latitude dans les décisions d'actions et les possibilités de suivi de leurs effets ; ii) la taille du bassin versant, (proche de 100 km²) constitue un bon compromis entre une taille suffisante pour apporter des informations pertinentes et représentatives d'une part, et est suffisamment limitée pour ne pas rendre les investigations trop difficiles d'autre part ; iii) le bassin versant est intégralement en gestion patrimoniale, ce qui permet de suivre les espèces sans disposer d'une interférence liée à des empoisonnements ; iv) ce cours d'eau est depuis de nombreuses années un terrain expérimental pour les personnes et les structures en charge de la connaissance et de la gestion du milieu : il a servi de base aux premiers travaux d'entretien de berge entrepris par l'AAPPMA de la Truite Neuvicoise à la fin des années 1980 et des évaluations menées par la Direction

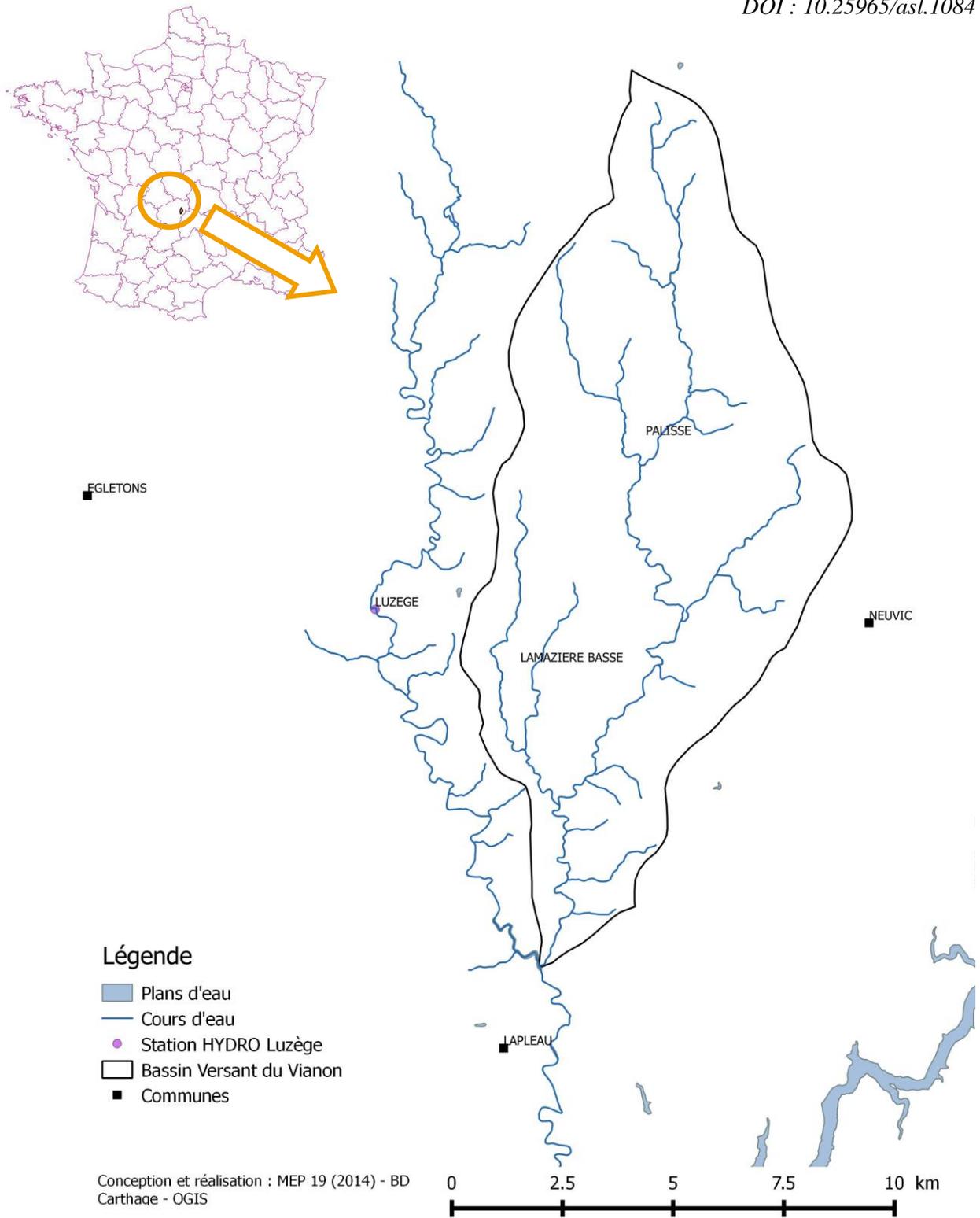


Figure 1 : Bassin versant du Vianon (19) ; localisation géographique et positionnement par rapport aux principaux affluents : la Luzège (à gauche) et la Dordogne (à droite).

Régionale du Conseil Supérieur de la Pêche (Boyer 1980), mais également à plusieurs travaux universitaires (Maridet 1994 ; Tisseuil 2004 ; Loubaresse 2005 ; Autef 2009). Les informations récoltées au travers de ces travaux sont donc nombreuses et constituent un atout supplémentaire dans l'analyse des données acquises ; v) enfin, les pressions anthropiques restent assez limitées sur ce bassin versant.

Activités humaines et perturbations :

Le réseau du Vianon est exclusivement rural : on compte une densité de 14 habitants/km² sur l'ensemble des communes du bassin versant (<http://www.insee.fr>). Par conséquent, les perturbations urbaines y sont faibles et se font surtout ressentir par un colmatage organo-minéral du cours d'eau, en lien avec l'activité de sylviculture (Autef, 2009) et d'élevage extensif (Maridet 1994) pour la partie amont, ou par une détérioration de la qualité physico-chimique au niveau de Palisse et de Saint-Hilaire-Luc (Tisseuil *et al.* 2004) en lien avec les process d'assainissement.

Depuis 1997, les pratiques agricoles et activités diverses n'ont pas évolué significativement sur l'ensemble du réseau (<http://www.agreste.agriculture.gouv.fr>)

D'après le Plan Départemental pour la Protection des milieux aquatiques et la Gestion des ressources piscicoles (PDPG), mis en place par la Fédération Départementale des AAPPMA de la Corrèze (Manière et Petitjean 2015), le contexte du Vianon est diagnostiqué « peu perturbé ». Les trois perturbations principales recensées sont par ordre d'importance décroissante : la sylviculture (28 %), le piétinement des berges (19 %) et les problèmes de franchissement (14 %). Le contexte est donc classé « salmonicole perturbé », proche d'une situation conforme (taux de perturbation < 20 %), ce qui est cohérent avec le « bon état écologique » défini par la Directive Cadre Européenne (DCE) sur l'eau ([\[garonne.eaufrance.fr/massedeau/SDAGE2016/FRFR98A_1\]\(http://garonne.eaufrance.fr/massedeau/SDAGE2016/FRFR98A_1\)\).](http://adour-</p></div><div data-bbox=)

Comme l'indique Richard en 1998, ce bon état écologique global du cours d'eau doit permettre à la population locale de truites communes d'accomplir les trois fonctions vitales de son cycle biologique (reproduction, éclosion, croissance).

Stations d'étude et méthodologie :

Choix des stations d'étude et fréquence de prospection :

Le peuplement en place a été échantillonné annuellement par pêche électrique d'inventaire à l'aide d'un matériel de type Héron® (Dream Electronique) sur plusieurs stations du réseau hydrographique du Vianon (Figure 2) à la même période de l'année (début juillet) entre 1997 et 2010. Au total, 10 stations ont été inventoriées sur différentes zones du Vianon ou de ses affluents, afin de disposer d'un diagnostic assez exhaustif des configurations de pentes ou d'habitat présents sur le bassin versant.

Les stations ont été étudiées à un pas de temps trisannuel, ce qui correspond à un cycle de vie pour la truite commune, sauf pour deux d'entre elles, nommées Champier (Vianon), et Boucheron (Pont-Live), qui ont fait l'objet d'un échantillonnage à un pas de temps annuel, dans le but de suivre l'évolution des cohortes d'une année sur l'autre. Compte tenu de la plus grande finesse d'analyse que permet le suivi annuel, ce sont les résultats de ces deux stations qui seront présentés ici.

Ces stations ont été définies par Morcel (1997) sur la base de critères relatifs à leur localisation sur la partie amont du réseau, à proximité des zones de reproduction, à la présence d'obstacles difficilement franchissables plus en aval, ce qui limite la remontée des poissons (Salmonidae notamment) lors des périodes de reproduction (GEREA 2004), ainsi que sur la base d'un critère de proximité géographique.

Enfin, cinq stations ont fait l'objet d'investigations ponctuelles visant à répondre à certaines interrogations spécifiques.

Le Conseil Supérieur de la Pêche a effectué les pêches électriques en 1997 et 1999, et la Maison de l'Eau et de la Pêche de la Corrèze a pris la suite à partir de 2000. En raison de conditions météorologiques défavorables, aucune pêche n'a pu être réalisée en 1998.

Mise en œuvre des prospections de terrain (inventaires, étude de croissance) :

La pêche d'inventaire 'De Lury' est une technique d'échantillonnage consistant en la réalisation de deux ou trois passages successifs sans remise à l'eau des poissons récoltés entre les passages (méthode par épuisement). Les conditions de mise en œuvre respectent les prescriptions de la norme AFNOR (AFNOR NF EN 14011 2003).

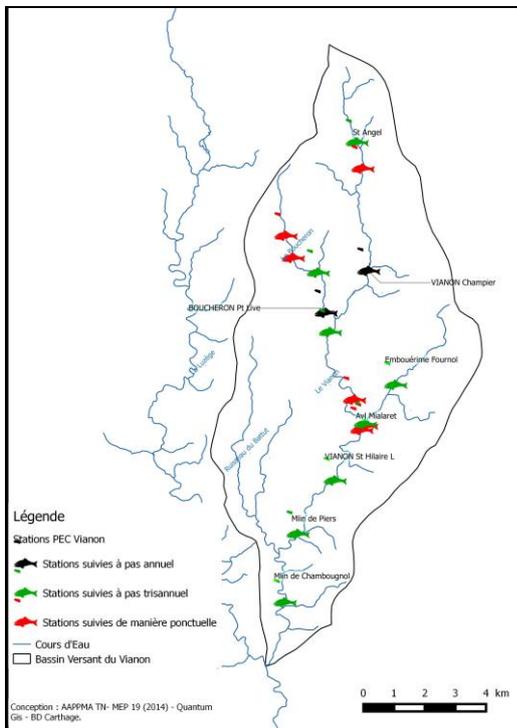


Figure 2 : Localisation des stations d'inventaire piscicole sur le bassin versant du Vianon

Les études de croissance (2005, 2009 et 2011 (Delmas, 2012) ont consisté en une

étude scalimétrique réalisée sur les différentes stations d'étude du bassin versant. Les écailles ont été prélevées en arrière de la nageoire dorsale et au-dessus de la ligne latérale, conformément aux prescriptions d'Ombredane et Bagliniere (1992), puis elles ont été lues sur un lecteur de microfiches, en respectant la méthodologie décrite par Panfili *et al.* (2002). La validation des données a été réalisée par vérification, à savoir la lecture des écailles d'un même individu par plusieurs opérateurs et les tailles des poissons déterminées par rétrocalcul en utilisant la formule de calcul de Fraser Lee (Panfili *et al.*, 2002). Ces données, associées à celles de Dumée (1992), ont permis de distinguer dans les inventaires au moins trois cohortes de truites communes : les alevins de l'année (0^+), les juvéniles (1^+) et les adultes et subadultes et adultes ($>1^+$).

Analyse statistique des données de pêche électrique :

Les données de pêche électrique d'inventaire ont été analysées en basant le diagnostic sur la démarche rationnelle décrite par Degiorgi et Raymond (2000) qui trouve ses fondements dans l'analyse biotypologique des peuplements (Verneaux 1973).

Les densités numériques et pondérales sont ainsi estimées par la méthode de Carle et Strub (1978) avec un intervalle de confiance à 95 %. La nature des espèces, les densités brutes, puis les densités estimées constituent ainsi un premier niveau d'analyse.

Ces densités sont ensuite transformées en classes d'abondance (Dr Lyon *in* Sabaton *et al.*, 2004) qui permettent de comparer de manière objective différentes espèces dont les capacités de reproduction et d'occupation de l'espace vital sont très différentes (Verneaux, 1981). Elles permettent un second niveau d'analyse.

Parallèlement, la détermination d'un niveau typologique théorique (NTT) pour chacune des stations d'étude considérée,

permet de reconstituer un peuplement de référence auquel est confronté le peuplement observé (Aarts et Nienhuis, 2003; Verneaux 1973; Verneaux et Leynaud, 1974).

Enfin, le dernier niveau est constitué par l'analyse de la répartition des différentes classes d'âge de la population de truite commune. Celle-ci a été réalisée par l'analyse des classes de taille, associée aux études de croissance effectuées par Autef (2009) puis Delmas (2012).

Résultats

Evolution des densités piscicoles :

Densité piscicole totale :

Sur les deux stations suivies de manière annuelle, plus de la moitié (56 %) des inventaires piscicoles effectués présentent une efficacité moyenne supérieure à 50 %. Il en est de même pour les investigations pour lesquelles l'efficacité de capture de la truite commune est supérieure à 70 %, ce qui permet de disposer de données fiables pour cette espèce.

La densité piscicole totale varie ainsi entre 44,7 et 502 ind./100 m² sur la station de Champier et entre 41,1 et 412,6 ind./100 m² sur la station du Boucheron.

Au niveau des densités estimées, on observe des variations annuelles plus ou moins marquées, et une tendance à une augmentation de la densité piscicole sur le secteur, entre 2001 et 2004 (tableau I), suivie d'une diminution entre 2007 et 2009.

Dans chaque station, le peuplement est composé de truites communes (*Salmo trutta fario* L.), mais aussi des autres espèces électives du niveau typologique considéré : loche franche (*Barbatula barbatula* L.), vairon (*Phoxinus phoxinus* L.) et chabot (*Cottus* sp. L.)

Densité numérique en truites :

La densité en truites communes est également soumise à des fluctuations annuelles (Figure 3) sur les deux stations d'étude. Si cette densité varie peu entre

1997 et 2000, elle se réduit (notamment sur le Vianon) en 2001 avant de marquer une augmentation importante en 2002 et 2003, passant de 20 à près de 40 ind./100 m². En 2004, on note là encore une réduction importante de la densité estimée en truites communes. Ces densités sont toujours plus élevées sur le Vianon que sur son affluent (sauf en 2008).

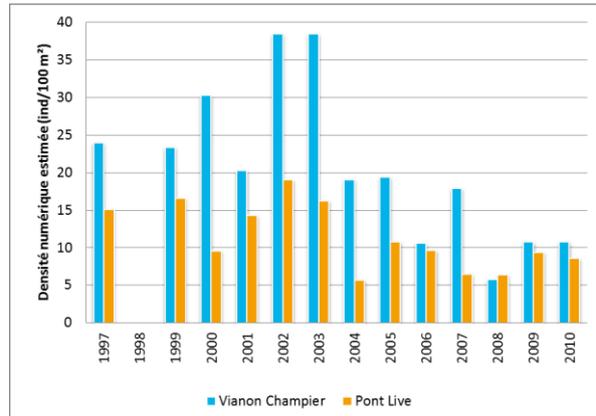


Figure 3 : Evolution des densités numériques estimées pour la truite commune sur les deux stations de suivi, entre 1997 et 2010.

Place de l'espèce truite dans le peuplement :

La figure 4 reprend de manière synthétique l'évolution de la population de truites sur la partie amont du réseau hydrographique du Vianon

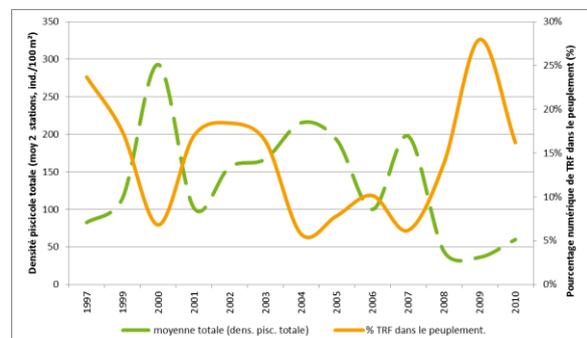


Figure 4 : Evolution de la densité piscicole totale (moyenne pour les 2 stations) et du pourcentage de truites communes dans le peuplement entre 1997 et 2010.

(moyenne des densités numériques des deux stations) par rapport à la densité piscicole totale (moyenne des deux stations).

On observe une évolution assez anticorrélée du pourcentage de truites communes dans le peuplement et de la densité numérique totale. Ainsi, lorsque la proportion de truites est la plus faible (2000, 2004, 2007), la densité totale est maximale. Réciproquement, lorsque la proportion de truites est la plus forte, la densité piscicole totale est minimale (1997, 2001, 2006, 2009).

Structure de la population de truites communes :

Une répartition variable des classes d'âge et particulièrement des 0+°:

L'analyse de la répartition des classes d'âge des truites communes (détermination via les études de croissance) fait ressortir l'existence d'une forte variabilité dans la contribution de différentes cohortes à la population de truites commune (figure 5). C'est particulièrement vrai pour les alevins de l'année (0⁺) dont la contribution peut être assez importante (17,4 ind./100 m²) ou marginale (0,9 ind./100 m²). Les juvéniles (1⁺) montrent une répartition moins variable au cours du suivi (sauf en 2007 et 2008).

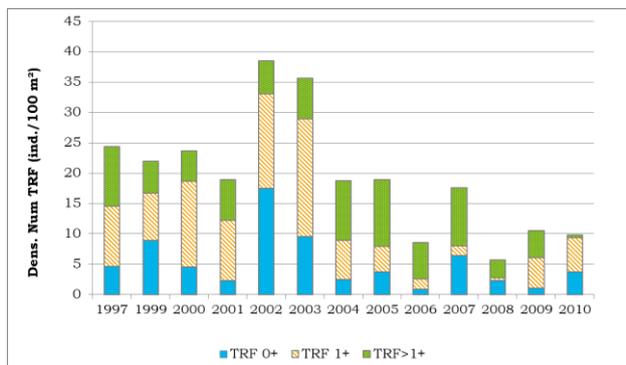


Figure 5 : Evolution des densités de truite commune par classes d'âge (0⁺, 1⁺ et >1⁺) pour la station de Champier (1997-2010).

Dans ce cadre, il est remarquable, plus particulièrement sur le Boucheron, que

certaines années telles que 2000 et 2004, voient l'absence totale d'individus 0⁺ (figure 6), suivies d'années où leur proportion avoisine les 8 ind./100 m², soit près de 40 % de la population (2002, 2008).

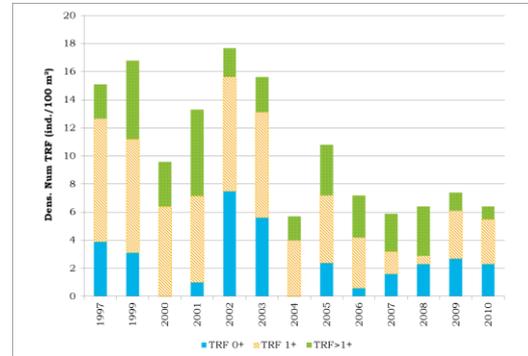


Figure 6 : Evolution des densités de truite commune réparties en classes d'âge (0⁺, 1⁺ et >1⁺) pour la station de Pont Live (1997-2010).

Une contribution plus constante des adultes et des subadultes (> 1+)

Les truites communes sub-adultes et adultes (> 1⁺) contribuent également de manière variable à la densité de la population, si on les considère de manière relative (figures 5 et 6), mais montrent des fluctuations numériques absolues moins importantes, comme le montre le tableau suivant (intervalles de confiance plus réduits pour ces individus sur les deux stations).

Ces truites sont plus largement représentées sur le Vianon que sur son affluent (tableau 2). La densité numérique est ainsi supérieure pour les quatorze années de suivi, à l'exception de 2008.

Discussion

Des fluctuations annuelles du peuplement dans lesquelles la truite commune se distingue.

Les résultats exposés, loin d'indiquer une constance dans la composition quantitative du peuplement piscicole entre 1997 et 2011 mettent en évidence l'existence de variations annuelles qui peuvent être assez marquées pour

l'ensemble des espèces, et qui confirment les observations antérieures (Gerdeaux 1985 ; Belkessam et Oberdorff 1998). A l'instar de ces derniers auteurs, on note pour les deux stations suivies de manière annuelle montrent une augmentation du coefficient de variation liée à celle de la durée du suivi (tableau 3).

Tableau 1 : Coefficient de variation (CV) après 7 et 14 ans de suivi pour les deux stations suivies annuellement.

	CV 7 ans	CV 14 ans
Champier (V)	52,6	77,0
Boucheron (Pt L)	61,8	77,3

Ces données confirment également les échelles de variation de densité mises en évidence par Bagliniere et Maisse (2002) pour la truite commune : de 1 à 6 pour la population dans sa globalité et de 1 à 18 pour les alevins de l'année (0+).

Les données présentées ici mettent également en exergue la situation particulière de la truite commune par rapport à la globalité des espèces (figure 4). Ces évolutions croisées de la densité numérique totale et de la proportion de truites communes permettent selon nous d'exclure l'existence de pollutions qui auraient un impact sur l'ensemble du peuplement (et qui semblent peu probables sur les deux cours d'eau de manière simultanée).

Cette variabilité dans les données donne un réel sens à la mise en œuvre d'investigations pluriannuelles. Les données ponctuelles constituent le lot commun des investigations mises en œuvre sur les cours d'eau, mais ne semblent avoir, en dépit du caractère intégrateur de la faune piscicole (Verneaux, 1981) que la valeur d'un « cliché instantané », informatif, mais notoirement incomplet (Gerdeaux 1985).

Les crues, un facteur explicatif de l'évolution des populations de truite.

Le caractère particulier de l'évolution de la population de truites communes par rapport à l'ensemble du peuplement (figure 4) nous amène à considérer l'existence de phénomène(s) spécifique(s) expliquant les fluctuations de cette espèce.

Ces variations de densité semblent de fait préférentiellement liées au recrutement des alevins (figures 5 et 6) et pourraient ainsi témoigner de succès variables de la reproduction de l'espèce. Ce succès semble ainsi très réduit pour les années 2000, 2004 et 2007 notamment.

Dans le même temps, deux éléments méritent d'être soulignés :

i) le fait que ces années, où le recrutement est faible (2000-2004-2007), correspondent à des périodes où les espèces piscicoles sensibles à la qualité de l'habitat (au sens de Grandmottet (1983)) font état de déficits d'abondance (Versanne-Janodet, 2003),

ii) La consultation des archives de la banque HYDRO (www.hydro.eaufrance.fr/) pour la station située sur le cours principal (la Luzège, figure 1) permet de souligner l'existence de débits de crue importants sur ces périodes. En effet, on note pour décembre 1999, janvier 2004, ou mars 2007 des débits (instantané maximal ou journalier maximal) correspondant à des débits de crue décennale (source : banque HYDRO).

Rajoutons également l'hypothèse d'une réduction de la densité piscicole totale pour 2001 et 2006 (investigations estivales) sous l'effet de crues d'importance moindre, mais liées à de fortes variations de débit journalière (35,2 m³/s pour juillet 2001 et 27 m³/s pour mars 2006)

Ces différents éléments nous conduisent à émettre l'hypothèse que les crues 'hivernales' constituent un élément structurant important pour la population de truites communes du Vianon, en influençant le recrutement et le succès de la reproduction. Les crues printanières ou

estivales pourraient jouer un rôle structurant sur les autres espèces de poissons.

De nombreux auteurs ont également mis en évidence l'influence que pouvaient avoir des événements climatiques exceptionnels tels que les crues dans l'analyse de l'évolution des populations de truite commune (Cattaneo *et al.*, 2002) et plus largement du peuplement piscicole (Beaudou *et al.*, 1995) y compris de manière indirecte (Timmermans, 1985 ; Sabaton *et al.*, 2004).

Baran (2008) souligne notamment l'importance des phénomènes hydrologiques exceptionnels en tant qu'élément structurant du peuplement piscicole, tandis que Cattaneo *et al.* (2002) expriment plutôt une influence prépondérante de l'hydrologie printanière moyenne. L'application de cette hypothèse aux présentes données ne montre pas de relation systématique entre les deux variables (notamment pour 1997, 2009, 2010).

Le rapprochement des données d'hydrologie et des données biologiques constitue une hypothèse vraisemblable, mais elle ne permet guère d'établir de strictes relations statistiques. La prise en compte de tels facteurs est très complexe à intégrer à une analyse en raison des phénomènes de contingence d'une part (influence des événements passés sur les événements présents) et des effets variés d'un même débit sous différentes conditions environnementales (par exemple, vitesse et amplitude de la variation de débit, phase du cycle biologique des espèces) d'autre part. Enfin, une difficulté réside dans le fait de pouvoir déterminer la métrique la plus discriminante (valeur maximale, médiane, moyenne ? sur quelle période ?).

Ces résultats ouvrent cependant la voie à une recherche spécifique qui pourrait s'orienter sur la mise en place de modèles prédictifs, en intégrant les données obtenues sur les autres stations suivies.

Compétition interspécifique et prédation jouent un rôle dans la dynamique de l'écosystème :

La figure 4 met clairement en évidence l'anticorrélation entre le pourcentage de truites communes dans le peuplement, et la densité piscicole totale.

Cette anticorrélation peut s'expliquer par deux hypothèses non exclusives :

i) l'existence de phénomènes de prédation qui peuvent s'exercer notamment par la truite commune sur les autres espèces présentes (Cyprinidae, Cottidae, Cobitidae). Comme ces espèces dites « d'accompagnement » (encore qu'on puisse légitimement récuser ce terme dans le cadre d'une étude systémique) se reproduisent généralement plus tardivement (mars-juillet), l'hypothèse d'une prédation sur les jeunes stades paraît crédible.

ii) la compétition interspécifique peut également constituer une hypothèse de travail permettant d'expliquer cet état de fait. La compétition est effectivement un phénomène qui se met en place dès lors que des individus partagent une ressource qui est limitée (Fischesser et Dupuis-Tate, 1996). Elle est d'autant plus forte que les individus qui la subissent ont des exigences écologiques proches.

Cette hypothèse est cohérente avec la précédente et permet de penser que ces phénomènes de compétition et/ou de prédation jouent un rôle important dans la dynamique des populations qui composent le peuplement piscicole.

Cette première approche permet également de souligner l'intérêt d'une démarche écosystémique d'étude des peuplements piscicoles. En effet, la truite commune est généralement l'espèce ciblée par les mesures de connaissance et de préservation entreprises par les gestionnaires (sur des cours d'eau de première catégorie piscicole), ce qui conduit souvent à une sous-estimation de l'intérêt de la prise en compte des autres espèces dans les études de milieu.

Conclusion

Les résultats obtenus à partir de ce suivi soulignent, après d'autres travaux (Bagliniere et Maisse, *op. cit.* notamment) la forte variabilité interannuelle des abondances des espèces de poissons, et notamment de la truite commune dans le cours d'eau du Vianon. Cette observation permet de souligner, comme l'ont fait Gerdeaux (1985) puis Penczak *et al.* (1998) l'intérêt d'un suivi à long terme des peuplements piscicoles pour appréhender de manière pertinente leur situation, en s'extrayant des données particulières. Ainsi, en dépit du caractère intégrateur des poissons et de leur intérêt dans l'étude des milieux aquatiques (Verneaux, 1981), on note que la réalisation d'investigations ponctuelles ne rend pas compte de la dynamique des populations en place, ni même de la situation réelle du peuplement en regard des conditions (notamment hydrologiques) du milieu. Ainsi, chaque inventaire piscicole doit être vu comme un cliché photographique instantané dont la multiplication dans le temps et dans l'espace, donne accès à la reconstitution des mécanismes de fonctionnement de l'écosystème.

Ainsi, dans le cas du Vianon, les phénomènes hydrologiques (crues) printanniers jouent un rôle structurant pour la population de truites communes. C'est ensuite par l'importance des phénomènes de compétition et de prédation que se jouent la dynamique des populations au sein du cours d'eau.

Ces résultats permettent également d'insister sur la nécessité de mettre en œuvre une démarche écosystémique s'appuyant sur l'ensemble des espèces, et non la seule truite commune (*Salmo trutta fario* L.) dans un cadre de diagnostic. Une démarche que prônait déjà Verneaux (1981) voici près de quarante ans, mais qui reste d'actualité : « Le développement d'un peuplement piscicole complet et harmonieux constitue une prime à la gestion rationnelle des écosystèmes. Les pratiques contraires conduisent à l'inverse :

aux situations problématiques que l'on peut observer actuellement, en particulier par l'examen, peut être imprécis mais fidèle, qu'en donne le peuplement ichtyologique ».

Ce suivi à long terme ouvre de manière indirecte des perspectives en matière de gestion piscicole : les politiques ancestrales de gestion s'appuyant sur des alevinages massifs en truite commune constituent plus que jamais une impasse, dans la mesure où les alevins déversés sont soumis aux mêmes aléas hydrologiques que les poissons sauvages. Ainsi, la poursuite d'une politique de gestion patrimoniale visant la conservation des milieux et la restauration des secteurs altérés semble constituer une voie pertinente dans un contexte où la dynamique des populations apparaît fonctionnelle.

Bibliographie

Aarts, B., Nienhuis, P., 2003. Fish zonation and guilds as the basis for assessment of ecological integrity of large rivers. *Hydrobiologia* 500 : 157-178.

AFNOR NF EN 14011. 2003. Qualité de l'eau - Echantillonnage des poissons à l'électricité - NF EN 14011. AFNOR.

ASCONIT Consultants. 2014. Le bilan des eaux superficielles de Corrèze 2013. Tulle: ASCONIT - Conseil Général de la Corrèze.

Association Truite Leman. 2002. Etude de la dynamique des truites (*Salmo trutta* L.) du Boiron de Morges. Rapport d'étude, 89 p.

Autef, A. 2009. L'étude des facteurs responsables d'un différentiel piscicole sur le Vianon. MEP 19, Neuvic et Université François-Rabelais, Tours.

Bagliniere, J.L., Maisse, G. 2002. La biologie de la truite commune (*Salmo*

trutta L.) dans la rivière Scorff, Bretagne : une synthèse des études de 1972 à 1997. *INRAE Productions Animales* 15 (5) : 319-331.

Baran, P. 2008. Le débit, élément clé de la vie des cours d'eau. Bilan des altérations et des possibilités de restauration. *La Houille Blanche, Revue internationale de l'eau* : 26-33.

Beaudou, D., Baril, D., Roche, B., Le Baron, M., Berrebi, P. 1995. Recolonisation d'un cours d'eau corse dévasté : contribution respective des truites sauvages et domestiques. *Bulletin Français de Pêche et de Pisciculture* 337/338/339 : 259-266.

Belkessam, D., Oberdorff, T. 1998. Variabilité à moyen terme des peuplements de poissons des cours d'eau bas-normands. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 350/351 : 413-427. Doi :10.1051/kmae:1998014.

Boyer, L., 1980. Etude hydrobiologique et physico-chimique du Vianon. Neuvic : Conseil Supérieur de la Pêche, Délégation Régionale Auvergne Limousin.

Carle, F.L., Strub, M.R. 1978. A new method for estimating population size from removal data. *Biometrics* 34 : 621-630.

Cattaneo, F., Lamouroux, N., Breil, P., Capra, H. 2002. The influence of hydrological and biotic processes on brown trout (*Salmo trutta*) population dynamics. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 59 : 12-22.

Degiorgi, F., Raymond, J.C. 2000. *Guide technique : utilisation de l'ichtyofaune pour la détermination de la qualité globale des écosystèmes d'eau courante*. Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse, Conseil Supérieur de la Pêche. Bron

Delmas, M., 2012. Etude scalimétrique des populations de truite commune dans le département de la Corrèze. Rapport de Master 1 Fonctionnement et Restauration des Milieux Aquatiques Continentaux, Université Blaise-Pascal.

Dumée, L. 1992. Etude de la croissance de la truite commune en Corrèze. Clermont-Ferrand : Conseil Supérieur de la Pêche, Délégation Régionale Auvergne-Limousin.

Fischesser, B., Dupuis-Tate, M.L. 1996. Le guide illustré de l'écologie. Turin : Editions la Martinière, vol. 1.

Gerdeaux, D. 1985. Les fluctuations dans les populations de poissons d'eau douce. Conséquences sur les études écologiques. *Revue des Sciences de l'Eau* 4: 255-276.

GEREA. 2004. Etude préalable à la gestion des cours d'eau communautaires. Neuvic : Bureau d'étude GERE - Communauté de Communes des Gorges de la Haute Dordogne.

Grandmottet, J.P. 1983. Principales exigences des téléostéens dulcicoles vis-à-vis de l'habitat aquatique. *Annales Scientifiques de l'Université de Franche-Comté*, 4^{ème} sér., 4 : 3-33.

Loubaresse, G. 2005. Etude d'un différentiel trutticole sur le réseau hydrographique du Vianon (19). Rapport de Brevet de Technicien Supérieur en Gestion des Espaces Naturels. Neuvic : MEP 19 et Lycée agricole Henri Queuille.

Manière, G., Petitjean, S. 2011. Plan départemental pour la protection des milieux aquatiques et la gestion des ressources piscicoles. Corrèze 2010-2015. Tulle : Fédération Départementale des Associations Agréées de Pêche et de Protection des Milieux Aquatiques de de la Corrèze.

Maridet, L., 1994. La végétation rivulaire, facteur de contrôle du fonctionnement écologique des cours d'eau : influence sur les communautés benthiques et hyporhéique et sur les peuplements de poissons dans trois cours d'eau du Massif Central. Lyon : Université Claude-Bernard.

Morcel, B. 1997. Le Vianon. Acquisition de connaissances scientifiques sur sa population de truite commune (*Salmo trutta*) dans un but finalisé d'aide à la gestion. Rapport de DESS Espaces & Milieux, MEP 19 et AAPPMA la Truite Neuvicoise. Neuvic.

Ombredane, D., Bagliniere, J.L. 1992. Les écailles et leur utilisation en écologie halieutique. In: *Tissus durs et âge individuel des Vertébrés*, ORSTOM éditions et INRA éditions, 151-92. Paris.

Panfili, J., Pontual, H. de, Troadec, K., Wright, P.J. 2002. Manuel de sclérochronologie des poissons. IFREMER-IRD. Bordeaux

Penczak, T., Glowacki, L., Galicka, W., Koszalinski, H. 1998. A long-term study (1985–1995) of fish populations in the impounded Warta River, Poland. *Hydrobiologia* 368 : 157-173.

Richard, A. 1998. Gestion piscicole. Interventions sur les populations de poissons. Repeuplement des cours d'eau salmonicoles. Conseil Supérieur de la Pêche, vol. 1. Collection Mise au Point. Paris

Sabaton, C., Souchon, Y., Merle, G., Lascaux, J.M., Capra, H., Gouraud, V., Baran, P., *et al.*, 2004. Groupe de travail national : Cellule débuts réserves. Synthèse des expérimentations. HP-76/2004/060A. CEMAGREF-EDF-INSAT-ECOGEA-ONEMA. Toulouse.

Timmermans, A. 1985. Etude de réserve de pêche dans un cours d'eau à truites. Série

D, n° 51. Suisse : Travaux du Ministère de l'Agriculture. Station de Recherches Forestières et Hydrobiologiques. Neuvic.

Tisseuil, C. 2004. Evolution de la qualité hydrobiologique sur le réseau hydrographique du Vianon (19) entre 1983 et 2004. Rapport de Licence ès-Sciences. Neuvic : MEP 19 et Université de Pau.

Tisseuil, C., Versanne-Janodet, S., Laine, P., Bringuier, G., 2004. Bilan sur la qualité biologique du réseau hydrographique du Vianon (19) en 2004 : aspects macrobenthiques et piscicoles. *MEP 19*. Neuvic.

Verneaux, J. 1973. Recherches écologiques sur le réseau hydrographique du Doubs - Essai de Biotypologie. *Annales Scientifiques de l'Université de Besançon, Zoologie*, 9: 260 p.

Verneaux, J. 1981. Les poissons et la qualité de l'eau. *Annales Scientifiques de l'Université de Franche-Comté*, 4^{ème} sér., 2: 33-41.

Verneaux, J., Leynaud, G., 1974. Introduction à la définition d'objectifs & de critères de qualité des eaux courantes. Besançon : Centre Technique du Génie Rural des Eaux et Forêts.

Versanne-Janodet, S. 2003. Le Vianon : suivi du peuplement piscicole depuis l'arrêt des repeuplements en 1997. Maison de l'Eau et de la Pêche de la Corrèze et AAPPMA la Truite Neuvicoise. Neuvic.

Versanne-Janodet, S., Moallic, L. 2007. Efficacité des repeuplements des cours d'eau à truite commune (*Salmo trutta* L.). Synthèse bibliographique non exhaustive. Neuvic: MEP 19. <https://fr.calameo.com/read/004678446b3a0aedf9de>

Tableau 2 : Densités piscicoles estimées par la méthode de Carle et Strub (ind/100 m²) sur les deux stations d'étude entre 1997 et 2010.

	1997	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Champier	107,2	113,5	502,2	108,2	110,0	117,8	320,8	388,4	120,0	384,5	54,0	44,7	93,0
Boucheron	58,0	115,8	322,7	95,7	202,7	216,3	412,6	215,8	52,2	118,9	68,2	41,1	65,6

Tableau 3 : Densité numérique moyenne en truites communes sur les deux stations sur les 14 années de suivi avec les intervalles de confiance (IC) à 95 %.

CHAMPIER (V)	Moyenne (ind./100 m ²)	IC 95 %
TRF 0+	5,3	± 3,4
TRF 1+	8,2	± 3,7
TRF >1+	6,6	± 1,5
PONT LIVE (B)	Moyenne (ind./100 m ²)	IC 95 %
TRF 0+	2,4	± 1,7
TRF 1+	5,2	± 1,2
TRF >1+	2,9	± 1,0

Géodiversité et patrimoine géologique : l'exemple du Limousin

Hubert BRIL

hubert.bril@unilim.fr

PEIRENE, Université de Limoges, 123, avenue Albert Thomas, 87060 LIMOGES Cedex.

Résumé :

Les objets géologiques font partie de la variété naturelle qu'offre notre planète. Nous utilisons des matériaux extraits du sous-sol et la biosphère ou les activités humaines dépendent, directement ou non, de la nature et de la composition du substrat géologique et des sols qui s'y sont développés : la géodiversité interagit avec la biodiversité. La géodiversité est une part de notre patrimoine naturel. En Limousin la diversité géologique, c'est d'abord un socle métamorphique et granitique avec une belle variété de roches (gneiss, serpentinites, granit(oïd)es) qui donnent à nos villes et villages leur cachet particulier. Sur sa bordure méridionale, le Limousin introduit via le bassin sédimentaire de Brive avec ses grès rouges ou ses falaises calcaires, aux plaines et collines de l'Aquitaine. Les reliefs limousins participent à la fois des hauts plateaux du Massif central et des basses terres induisant des différences climatiques qui vont des hivers du plateau de Millevaches à la douceur des printemps précoces au sud de Brive. Cette diversité géologique, (géo)morphologique et climatique s'exprime dans les sols et dans la circulation des eaux souterraines ou superficielles. La Commission régionale du Patrimoine géologique (CRPG) a dressé un inventaire des richesses de la géologie limousine. Plus d'une centaine de sites, roches, paysages, structures géologiques qui ont valeur d'exemple ont été recensés. Des documents qui permettent d'avoir accès à ces connaissances ont été élaborés. Il importe maintenant de les diffuser largement comme cela a été fait en d'autres lieux, en aménageant les sites les plus importants.

Mots-clés : Géodiversité, roches, reliefs, climat, diffusion des connaissances.

Geodiversity and geological heritage: the example of Limousin

Abstract

Geological objects are part of the natural variety offered by our planet. We use materials extracted from underground and biosphere or human activities depend directly or not, on the nature and composition of geological substrate and soils developed above : geodiversity interacts with biodiversity. Geodiversity is a part of our natural heritage. In the Limousin area, it consists in metamorphic and granitic basement with a great variety of rocks (gneisses, serpentinites, granitoids...) which gives to our cities and villages their particular style. Upon its southern border, the Limousin introduces through the sedimentary Brive basin with red sandstones and limestone cliffs to the plains and hills of the Aquitania. The relieves of the Limousin are composed at the same time of the high plateaus of the French Massif Central and of lowlands inducing important climatic differences from the cold Millevaches mountain to mild temperatures south of Brive town. This geological, climatic and morphological diversity is also obvious in the soils composition and in the circulation of underground and surface waters. The regional committee of geological heritage (CRPG) has drawn up an inventory of the geological wealth of the Limousin area. More than hundred sites, rocks, landscapes, geological structures which are cases in point were listed, part of them needing protective measures. Printed materials were already developed, but for the future, it is necessary to enlarge experiences by developing the sites for field visits.

Keywords : Geodiversity, rocks, relieves, climate, knowledge dissemination.

Qu'est ce que la géodiversité ?

La géodiversité est un concept qui ne figure pas (encore) dans tous les dictionnaires. Mais nous nous sommes tous posé la question au moins une fois, de la variété des paysages que nous rencontrons et nous nous interrogeons sur les causes de la diversité des reliefs, plaines sans fin du nord de la France ou du bassin parisien, collines charentaises ou berrichonnes de basse altitude, aux formes douces et sans ruptures, montagnes plus ou moins accidentées des Alpes, des Pyrénées, mais aussi des Vosges ou des Cévennes... Dans le nord du Massif central, du Morvan au Limousin, la suite parfois répétitive de collines arrondies (Photo 1), boisées ou enherbées, est interrompue brusquement par des vallées profondes et escarpées qui découpent les hauts plateaux en entités isolées (pays coupés) ou qui tombent presque à-pic dans les grands fossés céréaliers environnants (la plaine de la Limagne, au pied du Puy de Dôme ou celle de la Loire au nord de Saint-Étienne). Dans le Massif central, les altitudes, plus élevées à l'est et au sud, atteignent presque 1000 mètres en Haute-Corrèze, plus de 1500 mètres dans le Forez, les Cévennes ou en Margeride et 1700 mètres au Mont Lozère.

La diversité géologique s'exprime aussi dans les roches, calcaires blancs ou roux, terres noires ou rouges, scories volcaniques brunes, basaltes anthracite, argiles ocre, vertes ou rouges... Ces couleurs sont le reflet de leur diversité chimique et minéralogique et de l'histoire climatique régionale : les formes des reliefs sont associées peu ou prou à la lithologie. L'écoulement des eaux lui-même est fonction des propriétés des roches ; ici le réseau hydrographique dessine un maillage serré, là des rivières de bonne taille disparaissent d'un coup pour réapparaître un peu plus loin. Ici les eaux courent, franchissent les pentes ou les murs rocheux en cascades, là elles stagnent et se mêlent à la végétation jusqu'à créer, lorsque des argiles tapissent le fond de quelques dépressions, zones humides ou

tourbières (Photo 2). En maints endroits, les captages d'eau potable ne peuvent fonctionner vraiment qu'une partie de l'année.

A toutes les échelles, notre environnement naturel présente une diversité des reliefs, des paysages, des roches, des sols, de la répartition des eaux et par conséquent une variété de la végétation et de l'occupation de l'espace, depuis des forêts bien ordonnées à des taillis, d'une agriculture établie sur des parcelles qui n'en finissent pas à des zones de déprise associées à des paysages fermés. Cette diversité influence l'occupation humaine, aussi bien l'habitat que l'agriculture ou d'autres activités.

Cette revue à grands traits montre l'interdépendance des contraintes géologiques ou climatiques (...) sur la végétation et sur la façon dont l'humanité utilise son environnement naturel. Ce qui est vrai à l'échelle du continent ou du pays, l'est aussi au niveau régional. Dans le détail, il y a toujours des raisons plus ou moins cachées à tel type d'occupation de l'espace par la végétation ou les activités humaines. En d'autres termes, la diversité géologique associée à la zonation climatique qui gouverne les processus d'érosion est une des causes de la diversité biologique ; géodiversité et biodiversité vont de pair, intimement liées dans l'espace et dans le temps. A l'heure où le réchauffement climatique accéléré qui affecte profondément et durablement écosystèmes et individus est devenu une certitude, l'observation des formes de relief, l'étude de la présence ou de la distribution de certaines formations géologiques subactuelles (les alluvions par exemple), l'examen des associations de fossiles plus ou moins anciens, des dinosaures aux pollens de la dernière ère glaciaire, nous montrent que la question des liens entre les climats et l'évolution de la biosphère n'est pas nouvelle.

Cette interdépendance se comprend mieux en observant les sols qui sont un trait d'union entre géologie et biologie.

Leur présence, mais aussi leur variété est le résultat de l'action sur le substrat géologique (les roches et leur disposition) de l'eau, de la température (du climat), des acides végétaux, de la micro faune, des espèces végétales pionnières (lichens, mousses...) et de celles qui s'implantent à leur suite.

La géodiversité en Limousin

Histoire géologique

Le Limousin et les régions qui l'entourent sont issus d'une longue histoire au cours de laquelle ont été élaborés des matériaux (des roches) soumis dès leur formation à des contraintes physiques, chimiques et biologiques ou si l'on préfère, géologiques et climatiques qui les ont transformés par altération et érosion. Le résultat est un assemblage des roches, des ensembles géologiques d'origine profonde ou supergène reliés entre eux, une disposition géographique, une zonation altitudinale, des reliefs, un climat ou plutôt une succession de microclimats.

En Creuse, en Haute-Vienne et dans le nord de la Corrèze comme dans tout le Massif central au sens géologique, affleurent les restes d'une chaîne de montagnes formée au cours de la première partie de l'ère primaire (de 550 à 300 millions d'années) puis démantelée jusqu'à être aplanie par l'érosion de 300-200 millions d'années (fin de l'ère primaire et début de l'ère secondaire). Les restes de ces montagnes constituent le socle varisque (ou hercynien) composé de roches d'origines métamorphique et magmatique. Une série sédimentaire formée au Trias et Jurassique inférieur et moyen (250 à 165 millions d'années environ) d'abord avec les produits de l'érosion de la chaîne varisque (conglomérats, grès,...) puis par des dépôts de carbonates marins, recouvre ce socle. Cette série, visible près de Brive, n'occupe que 10 % de la surface de la région mais constitue l'apophyse septentrionale du bassin aquitain auquel elle appartient, géologiquement s'entend. Ces deux ensembles ont ensuite été

affectés par les événements qui ont eu lieu à l'ère tertiaire (de 65 à environ 2 millions d'années) et au Quaternaire. L'histoire tertiaire a débuté par l'émersion généralisée du socle varisque, plus marquée au sud et à l'est qu'au nord et à l'ouest, qui a été provoquée par les mouvements tectoniques qui ont provoqué la surrection des Pyrénées et des Alpes. Les nouveaux reliefs ainsi formés en Limousin et tout autour, soumis à l'érosion et à une pédogenèse sous un climat plus chaud que l'actuel, sont à l'origine d'une nouvelle couverture sédimentaire peu épaisse et distribuée de manière irrégulière. Il s'agit notamment du bassin sableux de Gouzon dans l'est de la Creuse, des produits de l'altération climatique des roches préexistantes (sols polycycliques, épais de plusieurs mètres), des argiles à silex de Charente et des alluvions de même âge comme celles qui marquent l'ancien lit de la Vienne perché quelques dizaines de mètres au-dessus du cours que nous lui connaissons. Les pointements ou coulées volcaniques tertiaires près de Bort-les-Orgues dans la continuité du Cantal voisin complètent ce tableau (photo 3). Les glaciers quaternaires venant d'Auvergne n'ont atteint le Limousin que dans la vallée de la Dordogne à Bort-les-Orgues, mais le climat froid dit périglaciaire, a profondément marqué les hauteurs du plateau de Millevaches.

Diversité des roches

Terrain d'étude du métamorphisme depuis des lustres, c'est le travail sur « l'anticlinal de Tulle » (Roques, 1941), qui attira l'attention des géologues sur la richesse que constituent en Limousin, les roches métamorphiques (Photo 4). Elles sont le résultat des premiers épisodes de la construction de la chaîne varisque. Vers le milieu de l'ère primaire, des matériaux de diverses compositions et origines (marine, continentale, volcanique...) ont été pris dans des mouvements tectoniques de grande ampleur qui les ont transformés jusqu'à leur donner un faciès (un look...)

bien différent de celui qu'ils avaient au départ. Leur diversité initiale a été renforcée par le fait que les mouvements tectoniques et les pressions et températures auxquelles les matériaux de départ (protolites) ont été soumis, différent d'un endroit à l'autre et que les contraintes tectoniques les ont redistribués dans l'espace.

Le résultat est la présence de gneiss (Photo 4) de diverses origines et de minéralogie variée dont l'aspect est parfois spectaculaire : orthogneiss ocellés du Taurion à l'est de Limoges ou du Saut du Saumon au nord de Brive, gneiss gris à biotite abondante, plus répandus. Les gneiss (leptynites) roses d'Aubazine ou de roche de Vic en Corrèze ont servi de pierres de taille tandis que d'autres gneiss plus discrets moins résistants et plus hétérogènes ont été utilisés comme remplissage des murs des granges. La présence de gneiss fins de couleur crème associés à des amphibolites vertes (à amphiboles et feldspaths) témoignent de l'existence d'un volcanisme varié au cours de l'ère primaire dont les produits furent métamorphisés par la suite. Les ardoises noires de Travassac ou les lauzes brillantes de micaschistes à muscovite souvent accompagnée de grenats, ont recouvert pendant longtemps et pour longtemps les toits de Corrèze, d'Allasac à Treignac et aux Monédières... Au début de l'ère secondaire (il y a 210 millions d'années) la région de Rochechouart a été percutée par la chute d'une météorite dont la masse atteignait six milliards de tonnes et les transformations des roches affectées sont encore visibles (Photo 5).

Si la ville de Limoges est connue pour ses constructions en granite, depuis sa cathédrale jusqu'aux maisons bourgeoises des années de l'entre-deux guerres, le « paradis » des granites avec une vingtaine de faciès différents, se situe plutôt sur le plateau de Millevaches (granites de Pontarion, rochers de Clamouzat en Creuse, Rocher du Rat en Corrèze). Les pegmatites des Monts d'Ambazac qui

appartiennent à la famille des granites (granitoïdes) contiennent des espèces minérales rares et/ou précieuses : béryl, pétalite, lépidolite (silicates alumineux de lithium), cassitérite (oxyde d'étain), topaze (autre silicate d'alumine de qualité gemme et diversement coloré) etc. Elles ont surtout fourni à la fin du XVIII^{ème} et au XIX^{ème} siècle les feldspaths et le quartz (Photo 6) indispensables avec la kaolinite, pour la fabrication de la porcelaine. La présence de gisements de cette argile de couleur blanche issue d'une altération complexe des feldspaths, au nord (Ambazac-La Jonchère) et au sud de Limoges (près de Saint-Yrieix-la-Perche), a été à la base du développement de cette industrie qui est à l'origine de la renommée de Limoges.

Jusqu'à un passé récent le Massif central en général et le Limousin en particulier ont été le lieu de l'extraction de nombreux minerais de substances variées (Bril et Watelet, 1986 ; Céron et Chantepie, 2011...). Citons parmi d'autres, autrefois et en maints endroits, le plomb et le zinc parfois associés à de l'argent ou de l'antimoine, l'étain à Vaulry, le tungstène près de Saint-Léonard-de-Noblat mais surtout l'uranium autour des monts d'Ambazac mais aussi en Creuse et en Corrèze. Enfin, l'or a été recherché et exploité principalement dans le sud de la Haute-Vienne (Saint-Yrieix-la-Perche) et le nord de la Dordogne (Jumilhac-le-Grand) et dans l'est de la Creuse de façon discontinue depuis l'époque gauloise jusqu'au début du XXI^{ème} siècle. Au total, 37 tonnes de ce précieux métal ont été extraites. Du charbon s'est déposé lors des premières étapes de l'érosion de la chaîne varisque dans des lacs qui occupaient des petits bassins délimités par des fractures du socle (Bourganeuf-Bosmoreau et Ahun-Lavaveix en Creuse, Argentat en Corrèze...). De manière générale les couches de charbon étaient irrégulières sur le plan géologique et variables en qualité, ce qui rendait leur exploitation malaisée. Malgré tout, les extractions de Bosmoreau

et de Lavaveix ont « tenu » jusqu'après le milieu du XX^{ème} siècle (1958 et 1969 respectivement). Mais il ne reste plus aujourd'hui que quelques fossiles de cryptogames (fougères) dans les haldes, les épaisses séries de roches sédimentaires détritiques à éléments plus ou moins grossiers qui sont la signature de tous les bassins houillers lacustres et... le musée de la mine à Bosmoreau-les-Mines (Delmail et Labrousse, 2009).

Au sud de la région, le bassin sédimentaire de Brive est en contact avec le socle (plus ancien) par une série de fractures verticales de plusieurs centaines de mètres qui ont créé une rupture paysagère (Photo 7) visible même depuis l'autoroute A20. Il s'agit d'un ensemble dans la continuité du bassin aquitain comprenant des grès continentaux de couleurs variées (jaune, rouge ou blanc) sur lesquels reposent des roches carbonatées (calcaires et dolomies) déposées dans la mer jurassique chaude et peu profonde, qui constituent le causse, forment des falaises et/ou couronnent les buttes témoins au nord-ouest et au sud de Brive (Yssandon, Saint-Robert, Turenne...). Ce panorama pétrographique est complété par la présence en Haute-Corrèze de quelques reliefs volcaniques (de basalte et de phonolite, Photo 3).

Les paysages, fruits des contraintes du relief et du climat

Même si les altitudes en Limousin s'étagent entre à peine cent mètres dans la basse vallée de la Vézère à l'ouest de Brive, 150 mètres dans la vallée de la Vienne en aval de Saint-Junien et 977 mètres au mont Bessou qui domine les hauteurs du plateau de Millevaches, l'impression générale que donnent les paysages est celle d'une certaine unité où dominant les pentes douces associées à de molles ondulations : les reliefs limousins sont plus discrets et moins contrastés que ceux du sud du Massif central (Montagne noire, Mont Lozère ...) dont la lithologie est pourtant comparable. Un transect est-

ouest fait apparaître une zonation des altitudes disposée en arc-de-cercle qui se distribue en trois ensembles, la Montagne à l'est, les plateaux intermédiaires tout autour (Combrailles, plateaux corréziens...) et les bas-plateaux périphériques à l'ouest. Les raccords entre ces trois ensembles se font progressivement mais parfois par des talus à fortes pentes à proximité des fractures majeures de la région (faille d'Argentat-Bourgageuf et Sillon houiller plus à l'est qui passe par Bort-les-Orgues et rejoint Montluçon) que les cours d'eau franchissent alors en cascades (Augerolles, Gimel...). Cet ordonnancement général est perturbé par la présence de grandes et profondes vallées rayonnantes perpendiculaires à la zonation altitudinale qui offrent de belles perspectives et des dénivelés majeurs mais inattendus : Dordogne, Vézère, Vienne, Creuse, Cher plus au nord, et leurs affluents (Photo 8). Cette zonation des reliefs qui est le fruit de la tectonique tertiaire et quaternaire dans le cadre de la surrection des Pyrénées puis des Alpes, est à l'origine d'une zonation climatique marquée : depuis la bordure charentaise jusqu'aux marges auvergnates, le climat est de moins en moins soumis aux influences océaniques et de plus en plus froid et neigeux. Enfin l'eau, dont la distribution dépend (ou dépendait lors des épisodes de froid intense du Quaternaire récent) de la pluviométrie, des alternances gel-dégel et de la perméabilité des diverses formations géologiques à l'échelle régionale, est présente partout sauf en été : les nappes-réservoirs sont rares, d'où l'importance d'une politique de préservation des zones humides.

L'unité morphologique et géologique de la région est nuancée par la présence à l'échelle de quelques kilomètres de formes de relief spécifiques. Dans la partie orientale, la Montagne qui est surtout granitique, ce sont les sommets les plus élevés en demi-globes (Photo 1) et les alvéoles isolés ou en chapelet qui les accompagnent avec leurs fonds humides ou tourbeux (Photo 2). C'est ensuite la

présence de plateaux d'altitude parfois discrètement vallonnés ou rigoureusement plans (en Haute-Corrèze) du fait des différences de lithologie entre les granites et certaines roches métamorphiques. Il s'agit des restes des pénéplaines au sens large qui se sont formées lors de la période terminale de l'érosion/aplanissement de la chaîne varisque (Photo 9). Dans les bas-plateaux périphériques, des interfluves plus larges prennent le relais tandis que les coupures provoquées par l'érosion fluviale se font plus douces. Les vallées sont peu encaissées et les blocs métriques arrondis des granites déchaussés qui tapissaient les lits des rivières dans les parties amont (Photo 7) cèdent la place à quelques zones alluviales plus fréquentes à l'ouest de la région. Cet ordonnancement en deux niveaux de plateaux est troublé par la présence des grandes fractures dont nous avons parlé et de ce qui a été appelé des « îlots montagneux » c'est à dire des amoncellements de blocs généralement granitiques à une échelle plurikilométrique qui « sortent » d'autant mieux que les altitudes de l'ambiance générale sont moins élevées. Il s'agit en bordure de la Montagne, des monts de Guéret (Haute-Marche) ou des monts d'Ambazac et dans les bas-plateaux périphériques, des monts de Blond, des collines des Cars ou de Chalus en Haute-Vienne, et du massif des Pierres-Jaumâtres au nord-est de la Creuse.

Dans le bassin de Brive où les altitudes sont faibles et le climat plus clément, le substrat géologique de grès et de calcaires est responsable hors de la présence des fractures bordières du bassin et des falaises calcaires, d'un vallonnement doux dans les grès et de formes typiques du modelé argilo-calcaire (Photo 7) que l'on rencontre en Périgord ou dans le Lot : buttes témoins aux sommets arrondis (près de Lissac-sur-Couze), ou plans (Yssandon...) selon l'importance des niveaux calcaires résiduels, reculées (source Ladoux) et le Causse de Martel au sud qui n'est qu'en (petite) partie limousin.

A une échelle encore plus réduite, les microformes dépendent de la nature des roches (granites, micaschistes ou gneiss dans le socle, calcaires, grès et argiles en zone sédimentaire), de micro climats ou de contraintes locales. La campagne regorge de blocs métriques à décimétriques arrondis de granites (tors) isolés en empilements inattendus au milieu des bois ou en convois le long de petits talwegs. Ailleurs, la dissolution de la roche ou l'érosion tourbillonnaire a créé vasques, cannelures ou marmites dans les granites, dolines et lapiez dans les calcaires du Causse (Photos 10 et 11).

Les sols

Produits des roches, des climats et de contraintes environnementales, la nature des sols établis sur le socle limousin est d'abord une conséquence de l'omniprésence de roches-mères siliceuses. Il s'agit le plus souvent de gneiss, granites quartzo-feldspathiques, de micaschistes et schistes quartzo-micacés et plus rarement de diorites et d'amphibolites à dominante de feldspaths et d'amphiboles. Les sols de la région sont donc majoritairement des brunisols (Photo 12). Cependant, plusieurs facteurs introduisent plus que des nuances (Bernard-Allée *et al.*, 1994). La zonation altitudinale et climatique donne une ambiance de plus en plus froide et pluvieuse en approchant de la Montagne ; de plus, le relief, les pentes, la morphologie à toutes les échelles, l'importance et la nature de la couverture d'altération agissent fortement sur la circulation de l'eau. Il en résulte une mosaïque de conditions à l'échelle kilométrique ou plus fine encore qui entraînent le développement de sols spécifiques plus ou moins éloignés des brunisols : alocrisols plus acides et alumineux, mais aussi en fonction de la pluviométrie et de l'écoulement potentiel des eaux d'infiltration, sols lessivés (luvisols avec leurs horizons de surface décolorés). Lorsque dans les zones à pluviométrie importante l'écoulement des

eaux se fait mal (alvéoles des hautes terres, pieds de pente, creux de toutes dimensions) l'imperméabilité du substrat, l'accumulation de la matière organique et le développement de milieux anaérobies, conduit au développement d'histosols à horizons exclusivement organiques (tourbières...) ou lorsque la saturation en eau est moins continue, de sols hydromorphes (reductisols et redoxisols). Les podzosols plus perméables (dans lesquels la matière organique évolue aux dépens des argiles de la zone d'altération) sont limités aux pentes des zones les plus élevées.

Dans le bas-pays, les luvisols et brunisols, sont plus épais, plus fertiles, plus secs même si l'hydromorphie peut se développer lorsque les pentes s'atténuent. A l'aval des grandes rivières (Dordogne, Vienne, Gartempe, Creuse), lorsque les vallées s'élargissent, des brunisols plus riches s'établissent sur les alluvions créant des surfaces fertiles, souvent aptes au maraîchage.

Dans la partie sédimentaire méridionale, les sols ne sont vraiment différents que lorsqu'ils sont établis sur un substrat carbonaté : sur les grès les brunisols dominant. Sur les calcaires, les sols sont secs, peu épais, riches en éléments grossiers et peu humifères : ce sont les rendosols ou calcosols des Causses et de leurs abords.

La végétation

L'implantation de la végétation spontanée est conditionnée par la nature du substrat géologique, siliceux ou calcaire, perméable ou non, saturé ou hydromorphe etc. De plus, la déprise agricole marquée depuis la fin de la première guerre mondiale a profondément modifié les paysages. Pour s'en convaincre, on pourra comparer les représentations des peintres de l'école de Crozant à partir des années 1850 jusque vers 1930 qui montrent un paysage beaucoup plus minéral qu'aujourd'hui. Sans entrer dans les détails qui ne sont pas du ressort de cet article,

citons dans les parties hautes de la région, la position actuelle de la forêt qui colonise les collines en demi globe, des Monédières par exemple ou les versants les plus pentus des vallées. Plus précisément, les alvéoles sont des réservoirs de biodiversité tandis que les landes sur serpentinites autorisent le développement d'une flore spécifique et précieuse (Photo 13).

L'inventaire du patrimoine géologique : partager la géodiversité

Même s'il paraît difficile de soulever l'enthousiasme général en utilisant le mot « inventaire », l'inventaire du patrimoine géologique qui s'élabore au niveau national depuis une dizaine d'années et d'une manière ou d'une autre au niveau européen, est un passage nécessaire pour transmettre nos connaissances, pour préserver ce qui doit l'être et plus largement pour gérer les richesses géologiques de la même manière que nous faisons connaître et sauvegardons les espèces végétales ou animales et les écosystèmes au milieu desquels nous vivons. En effet, les objets ou les phénomènes géologiques ont un âge qui se compte en milliers et plus souvent en millions d'années. Leur formation a duré plusieurs siècles (sols, chaînes volcaniques), plusieurs millénaires (glaciations) ou plusieurs millions d'années (dépôt de séries sédimentaires, évolution des espèces vivantes, formation des chaînes de montagnes...). A l'échelle de la vie humaine, ce sont des durées infinies. Il n'y a donc pas de renouvellement possible : un matériau géologique exploité disparaît définitivement et un paysage détruit l'est pour plusieurs générations. En résumé, il est nécessaire de préserver pour transmettre, de préserver pour ne pas gaspiller car nous pouvons avoir besoin demain de ce que nous jetons aujourd'hui. Ainsi certains gisements de substances naturelles exploités autrefois pour l'une d'elles peuvent, pourraient ou pourront en fournir d'autres lorsque les besoins et les

cours boursiers des éléments concernés seront favorables : les déchets miniers (haldes) sont parfois revisités. Ainsi, depuis un siècle et demi, la mine de Montebbras dans l'est de la Creuse fut exploitée d'abord pour l'étain, puis pour les phosphates de lithium et aujourd'hui pour les « roches feldspathiques » utilisées dans la fabrication de grès cérame (Patureau, 2013).

Si les chercheurs et les acteurs du monde industriel possèdent de nombreuses informations parfois confidentielles, la mise à disposition des connaissances sous la forme qui convient doit pouvoir se faire à la société toute entière pour attirer l'attention et limiter les destructions. Les échantillons des roches affectées par la chute de la météorite de Rochechouart (impactites) faisaient jusqu'au début des années deux mille l'objet d'un commerce via Internet auquel le classement de toute la zone en Réserve naturelle a mis fin. Tous les métiers sont concernés : les enseignants de l'école primaire à l'Université, les élus qui ont pour tâche de veiller à une gestion à long terme de l'espace (plans d'urbanisme), les responsables des sociétés privées (carrières, mines...), les organisations agricoles ou les chambres consulaires qui utilisent l'espace ou les ressources naturelles et les associations de protection de la Nature qui veillent et contribuent à diffuser les connaissances acquises. En fin de compte, chaque citoyen doit pouvoir être informé pour découvrir la géodiversité d'une région ou pour prendre position sur tel ou tel projet d'exploitation ou d'aménagement en connaissance de cause.

En pratique, l'inventaire du patrimoine géologique à l'échelle nationale (De Wever *et al.* 2006) a d'abord recensé, localisé et choisi sur les territoires des sites (géotopes) emblématiques ou représentatifs (De Wever *et al.*, 2018). Des fiches ont ensuite été établies pour chacun d'eux (Figure 1). Elles comprennent une description précise de leur aspect physique

et de leur intérêt scientifique ou pédagogique et rappellent les travaux antérieurs. Ce travail a permis une hiérarchisation des sites en prenant en compte son intérêt, sa rareté au niveau international, national ou local et le besoin de protection : certains sites sont plus sensibles que d'autres et donc difficiles à préserver pour des raisons de fragilité intrinsèque (érosion naturelle) ou à cause de la pression anthropique (urbanisation...). Ces paramètres sont pris en compte par un système de classement de une à trois étoiles (Figures 2 et 3) et associés si besoin à une clause de confidentialité lorsqu'une trop grande fréquentation serait dommageable. Compte tenu des interactions (voir plus haut) entre la géologie et les autres paramètres de qualité environnementale (biodiversité par exemple), les classements effectués sont pris en compte dans la stratégie de préservation de l'environnement définie par l'État, comme par exemple la Stratégie de Création d'Aires protégées (SCAP).

L'établissement et la diffusion de l'inventaire sont gérés conjointement par une autorité scientifique, le Muséum national d'Histoire naturelle (MNHS) et par une autorité administrative déconcentrée les DREAL (Directions régionales de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement) qui dépendent notamment du Ministère de l'Environnement. L'élaboration des fiches est réalisée par les Commissions régionales du Patrimoine géologique (CRPG) composées de bénévoles, géologues de tous horizons professionnels. Le MNHN et les DREAL valident les relevés les harmonisent au niveau national et contribuent à leur diffusion. A terme, le patrimoine géologique de toutes les régions françaises sera disponible. En Limousin, le travail de la CRPG a été validé par le MNHN en 2016. De nombreux sites d'intérêt géologique y sont présentés par département et par commune et sont aujourd'hui mis (gratuitement, voir bibliographie) à la disposition des

personnes intéressées sur le site de la DREAL Nouvelle-Aquitaine (NA). Environ cent trente fiches décrivent des objets géologiques divers (roches, paysages, musées...) et les classent par rubriques géologiques (nature, âge, domaine de la géologie concerné, intérêts, rareté, besoin de préservation etc.). L'inventaire se poursuit désormais en continu et une quinzaine de nouvelles fiches sera proposée dans les mois à venir.

Pour permettre un accès aisé, la totalité des fiches est déclinée sous deux formes principales. Les fiches dites e-géotopes (appelées maintenant Inven Terre) dans lesquelles les auteurs présentent les données scientifiques disponibles accompagnées de cartes, de photographies et des références de la bibliographie spécialisée. En Limousin, à chaque fiche correspond une présentation simplifiée (Figure 1) conçue dans le même esprit que les descriptions utilisées en environnement pour présenter le patrimoine écologique, les ZNIEFF (Zones naturelles d'Intérêt écologique, floristique et faunistique), les sites inscrits ou classés et les zones dites Natura 2000. Ces fiches sont mises à disposition en regard des fiches complètes sur le site de la DREAL-NA. D'autres formes de diffusion existent ou sont en cours d'élaboration : livres (voir bibliographie), expositions itinérantes qui seront proposées aux organismes (écoles, collectivités locales, associations) qui en feront la demande.

D'autres initiatives sont à l'étude pour des projets à moyen terme dans la même veine que ceux qui ont été mis en place au cours des dernières années sur des sites géologiques célèbres (transect pyrénéen Franco-Espagnol, parc des Bauges en Savoie, parc des volcans d'Auvergne...). Sous la houlette de parcs nationaux ou régionaux, de communautés de communes, de conservatoires des espaces naturels et avec le concours des universités et des sociétés savantes ou d'amateurs régionales, des sites ont été équipés pour valoriser le

patrimoine naturel avec notamment des panneaux explicatifs *in situ*, complétés par des animations qui prennent des formes diverses, maisons de sites, expositions, sorties géologiques ou plus largement sorties nature. Après le classement en réserve naturelle des impactites de Rochechouart, d'autres sites, des musées (de l'or ou de l'uranium) pas toujours assez connus, d'autres thèmes (porcelaine, granites, grès rouges...) pourraient être abordés, d'autres paysages pourraient être valorisés et expliqués à un public plus large.

Il ne faut pas penser que les sites manquent en Limousin.

Remerciements

Je remercie vivement pour leurs suggestions les collègues qui ont relu le manuscrit de cet article, Marilyne Soubrand (Université de Limoges), Valérie Boirel et Bertrand Chevalier (DREAL-NA) et le rédacteur en chef des Annales scientifiques du Limousin, Pascal Labrousse. Bien entendu, ils ne sont pas responsables des erreurs qui pourraient demeurer.

Bibliographie

1. Ouvrages de diffusion de la culture scientifique.

Bernard-Allée P., André, M-F., Pallier, G. *et collaborateurs*, 1994. Atlas du Limousin. Éditions PULIM, 166p. *LE livre de référence sur les aspects développés ci-dessus et sur bien d'autres.*

Bost, N., Charles N., 2017. *Curiosités géologiques de la Haute-Vienne.* Éditions du BRGM, 115p.

Bost, N., Charles N., 2019. *Curiosités géologiques de la Corrèze.* Éditions du BRGM, 115p.

Bril, H., Floc'h, J.P., 1993. *Sous le sol du Limousin.* Ostal del libre, Aurillac, 32p.

Bril, H., Floc'h, J.P., 2018. Patrimoine géologique du Limousin, de la roche au paysage, Éditions PULIM, Limoges, 244p.

Bril H., Watelet, P., (coordonnateurs), 1986. Les richesses du sous-sol en Auvergne et Limousin. Éditions de la Ville d'Aurillac, 283p.

Céron, J., Chantepie, G., éd. 2011. Minéraux et mines de la Corrèze. Réédition revue et augmentée des publications de L. Puyaubert et V. Forot. Éditions Mille sources, 237p.

Delmail, D., Labrousse, P., 2009. Diversité et paléosynécologie fonctionnelle de la paléoflore du bassin houiller de Bosmoreau-les-Mines (Creuse, France). *Annales Scientifiques du Limousin* 20, 32-41.

Guiollard P.C., 2010 ? Les mines d'or du district de Saint-Yrieix-la-Perche (Haute-Vienne), Histoire et renaissance de l'industrie aurifère en Limousin. Éditions chez l'auteur 146p.

De Wever, P., Le Néchet Y., Cornée A., 2006. Vade-mecum pour l'Inventaire du Patrimoine géologique national. Mémoire hors-série de la Société géologique de France, 162p.

De Wever, P., Egoroff, G., Cornée A., Graviou P., Avoine, J., Baillet, L., 2018. Patrimoine géologique, Inventaire national. MNHN, edp Sciences, 252p.

Patureau, J., 2013. Les mines de la coupole granitique de Montebbras, Creuse. Éditions de l'Esperluette, 121p.

2. Cartes géologiques.

Très nombreux auteurs. Cartes géologiques de la France à 1/50 000 publiées aux éditions du BRGM, service géologique national. Pour le Limousin,

environ 30 cartes à cette échelle avec notices.

3. Sélection de bibliographie spécialisée.

Il existe des centaines d'articles ; j'ai choisi de privilégier les thèses dont l'objet principal est le Limousin. En indiquant seulement le nom de l'auteur et l'année de publication. On peut retrouver les titres avec une recherche Internet rapide et se les procurer par l'intermédiaire des bibliothèques universitaires.

Chalier, M., 1991 ; Floc'h, J.P., 1983 ; Gebelin, A., 2004 ; Guillot, P.L. 1981 ; Lambert, P., 1977 ; Lameyre, J., 1966 ; Leroy, J., 1971, 1982 ; Mouthier, B., 1976 ; Nénert, S., 1989 ; Roques, M., 1941 ; Santallier, D., 1981 ; Valadas, B., 1983 ; Vauchelle, L., 1988

Il existe aussi de très nombreux articles dans les revues spécialisées traitant de la géologie régionale. On trouvera des dizaines de références sur le premier des sites Internet répertoriés ci-dessous (fiches e-geotopes).

4. Sites Internet

4.1-<http://www.nouvelle-aquitaine.developpement-durable.gouv.fr/inventaire-du-patrimoine-geologique-a1696.html>

De nombreux sites sont présentés d'un point de vue scientifique avec une abondante bibliographie (e-géotope) ou avec une présentation plus pédagogique et plus accessible (fiches simplifiées voir figure 1).

4.2-
http://www.unilim.fr/musee_geologique_d_e_plein_air/

Sur le Campus de la Faculté des Sciences et Techniques de l'Université de Limoges cette exposition présente en accès libre avec des panneaux explicatifs une vingtaine de méga blocs (de 1 à 3 tonnes chacun) qui sont le reflet de la diversité pétrographique du Limousin.

4.3-http://www.nouvelle-aquitaine.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/atlas_paysage_1erePartie_cle5257f7.

Université de Limoges, Faculté des Lettres et Sciences humaines/ DREAL Limousin. Paysages en Limousin, de l'analyse aux enjeux.

4.4-
<https://fr.calameo.com/read/00571912170e1142fba52>.

Découvrir le patrimoine géologique de la France. Géosciences 2008 n° 7-8, éditions BRGM



Photo 1 : Vue sur le massif granitique des Monédières (Corrèze), avec sommets en demi-globes, et variété de la végétation. *Cl HB.*



Photo 2 : La tourbière du Longeyroux, qui occupe un alvéole dans un granite du plateau de Millevaches près des sources de la Vézère est un haut-lieu de biodiversité. *Cl. HB.*

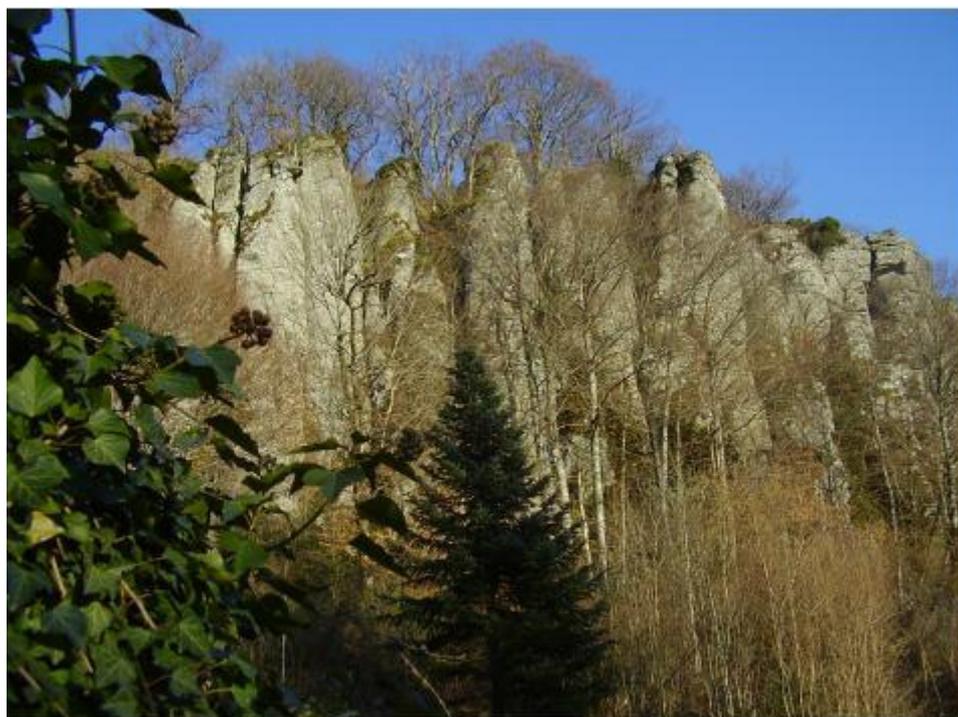


Photo 3 : La couleur grise et le débit des orgues de Bort (Corrèze) sont dus à leur composition phonolitique. *Cl HB.*



Photo 4 : Affleurement de gneiss près des cascades de Murel (Forgès, Corrèze). Le marteau donne l'échelle. *Cl. HB.*



Photo 5 : L'impact de la chute de la météorite à Rochechouart (Haute-Vienne) a pulvérisé les roches en place, créant ce faciès composé de morceaux de roches de différentes origines. Le petit côté mesure environ 20 cm. *Cl. HB.*

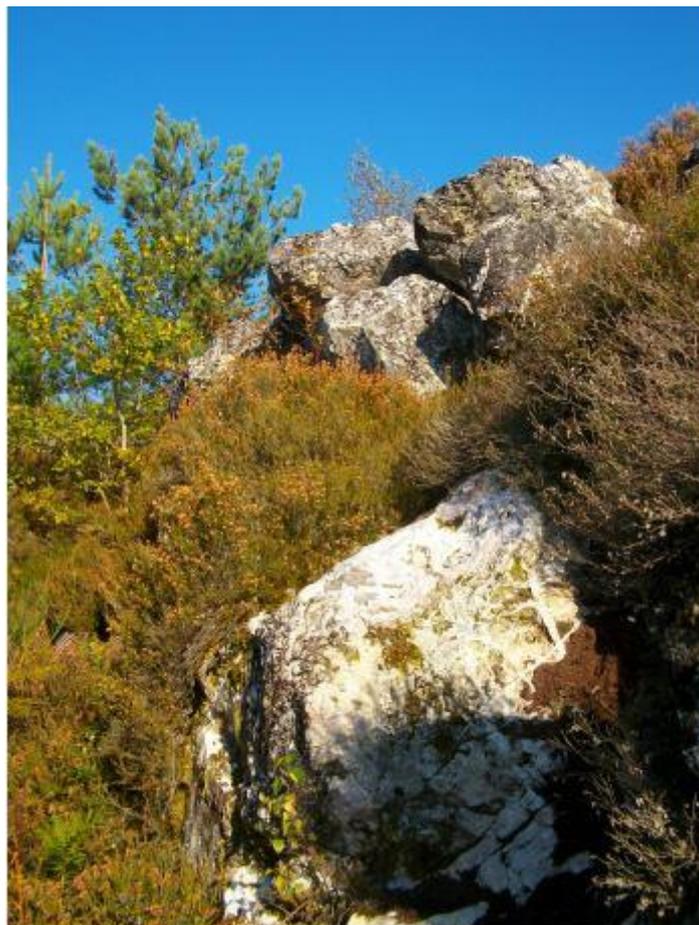


Photo 6 : Près de Bourgneuf, ce filon de quartz a rempli une fracture qui recoupe roches métamorphiques et granites (le quartz de ce site impressionnant n'a pas été exploité pour la porcelaine). *Cl. HB.*

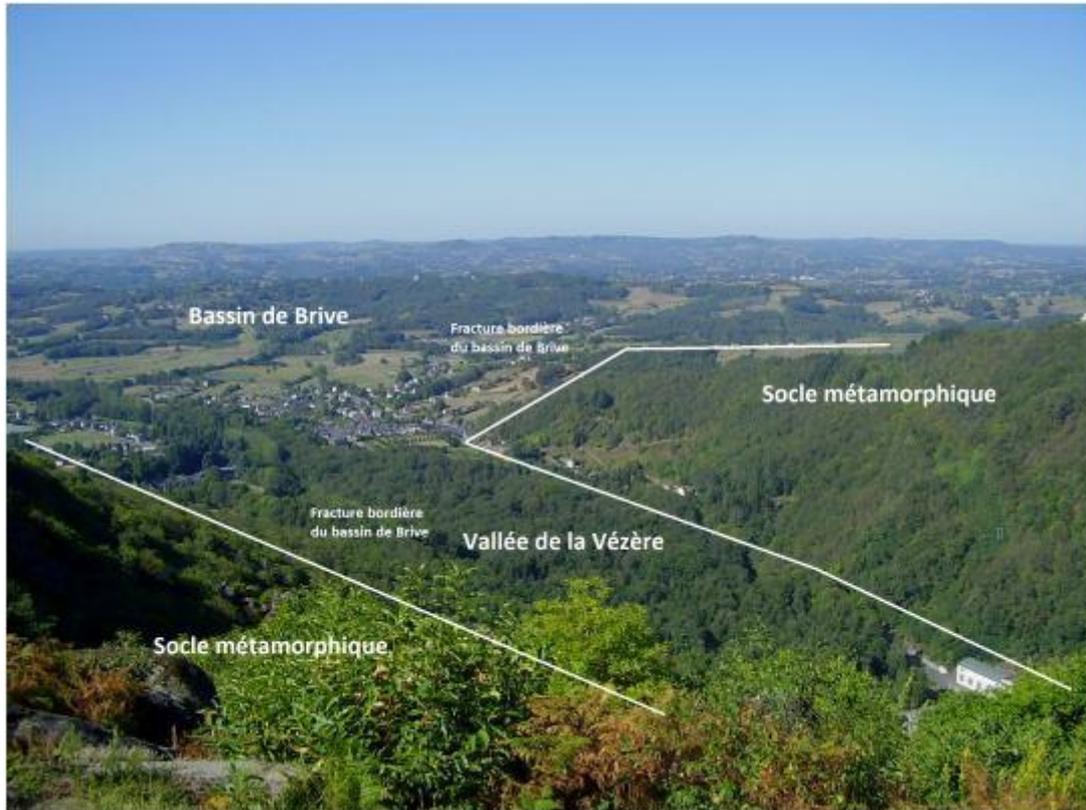


Photo 7 : Panorama montrant le rejet de la faille bordière du bassin de Brive qui apparaît en creux par rapport au socle (plus ancien) d'où est prise la photo *Cl. HB.*



Photo 8 : La Creuse a créé de profondes entailles dans le socle métamorphique et granitique. Ici, près d'Anzême. *Cl. HB.*



Photo 9 : En Haute-Corrèze (Sérandon), la Dordogne a entaillé de 250 mètres la pénéplaine : les deux bords du plateau sont à la même altitude. *Cl. HB.*



Photo 10 : Les cannelures visibles sur les boules du granite des Pierres-Jaumâtres (Creuse) sont dues à l'altération climatique durant le Quaternaire récent (quelques milliers d'années). *Cl. HB.*



Photo 11 : A Saint-Cernin-de-Larche (source Ladou), ces cupules (lapiez au sens large) se sont formées par dissolution du calcaire par les eaux de pluie lors de la dernière période froide du Quaternaire. *Cl. HB.*



Photo 12 : Brunisol sur granite. Les différents horizons (niveaux) sont repérés de 1 à 4. *Cl HB.*



Photo 13 : La composition chimique particulière des serpentinites: richesse en magnésium, présence de chrome et nickel et pauvreté relative en silice a créé les conditions du développement d'une flore originale différente de celle qui croît sur les terrains alentour. Ici à La Porcherie (Haute-Vienne). *Cl HB.*

INVENTAIRE DU PATRIMOINE GÉOLOGIQUE DU LIMOUSIN | Géomorphologie | Plutonisme | LIM 91

Chaos granitique de la Rigole du Diable

► Vers les paysages actuels

Chaos granitique (Ph. G. Stronzeau)

VALEUR PATRIMONIALE

SITUATION
Département : Creuse
Communes : Royère-de-Vassivière, Saint-Pierre-Bellevue

CARACTÉRISTIQUES
Typologie : Site naturel de surface, affleurement
Surface : 10 ha
Intérêt du site : Départemental

CARTE GÉOLOGIQUE
690 - Royère
1/50 000 - Editions BRGM

DESCRIPTION
C'est un ensemble de boules de granite situé le long de la RD3 entre Châtain et Royère-de-Vassivière. Ce chaos étonne par sa disposition harmonieuse dans une lande à genévriers, à la confluence du Taurion et du ruisseau de Beauvais.
C'est un empiement de gros blocs, légèrement anguleux, avec des arêtes émoussées. Il dû à l'altération chimique du granite

CONTEXTE GÉOLOGIQUE
Lors de la collision entre les continents Gondwana et Armorica qui existaient alors, de nombreux

Figure 1 : Fac-similé d'une fiche simplifiée décrivant un chaos granitique près du lac de Vassivière (Creuse, Haute-Vienne).

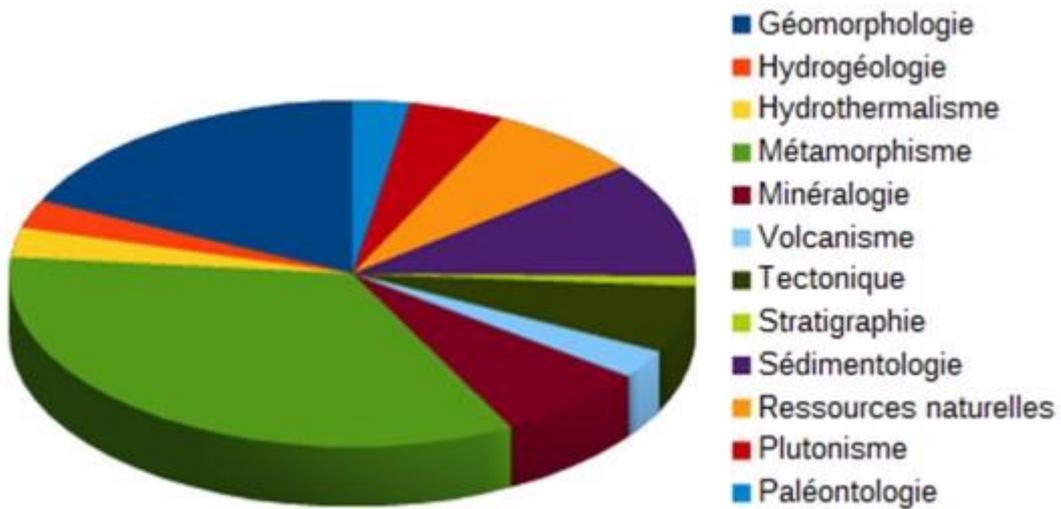


Figure 2 : Domaines de la géologie couverts par la première série de fiches (une centaine) établies par la CRPG Limousin (V. Boirel).

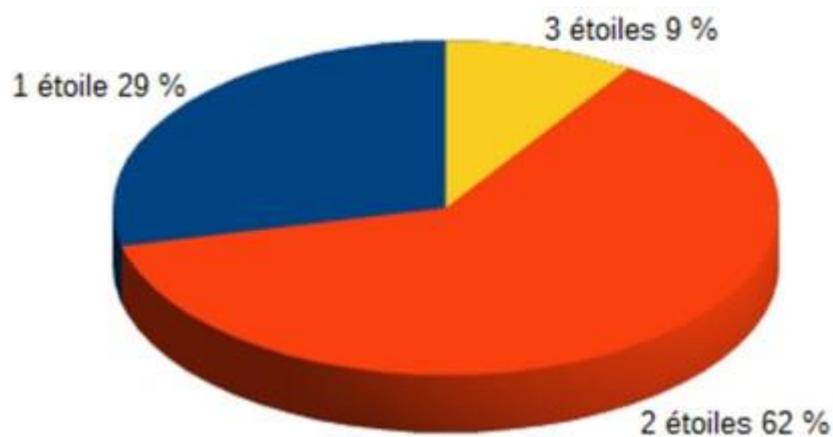
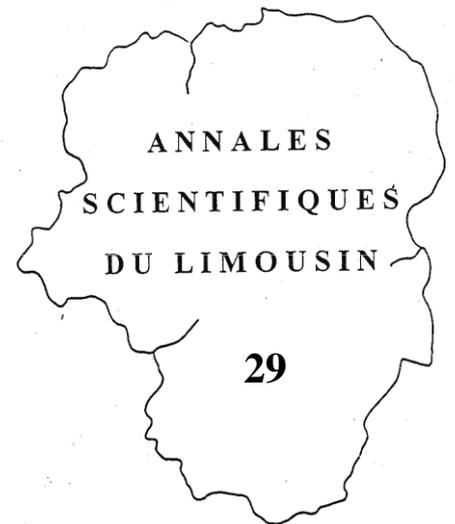


Figure 3 : Intérêt, chiffré en nombre d'étoiles, de la première série de fiches établies par la CRPG Limousin (V. Boirel).

Sommaire



- Edito
Pascal Labrousse p. 1
- Répartition des métacercaires de quatre Digènes dans des cressonnières naturelles traversées par de l'eau courante.
Philippe Vignoles, Philippe Hourdin, Daniel Rondelaud et Gilles Dreyfuss p. 2-21
- Les conséquences du réchauffement climatique sur les hôtes intermédiaires de *Fasciola hepatica* en Haute-Vienne.
Daniel Rondelaud, Philippe Vignoles, Philippe Hourdin et Gilles Dreyfuss p. 22-41
- Recensement des Herbiers de France : l'Herbier de René Vallet, élève de l'Ecole d'horticulture d'Objat-Voutezac (Corrèze) en 1947
Michel Hoff et Sylvie Vallet p. 42-56
- Suivi à moyen terme du peuplement piscicole sur le réseau hydrographique du Vianon (19) en conditions naturelles.
Sébastien Versanne-Janodet, Esteban Remon et Laure Moallic. p. 57-69
- Géodiversité et patrimoine géologique : l'exemple du Limousin
Hubert Bril p. 70-88