

4 & 5 mars 2023
à Bourges

3^{èmes} Rencontres Nationales PETITS MAMMIFÈRES



Directeur de publication pour ce numéro : François Leboulenger

Comité d'organisation et de rédaction : François Leboulenger (SFEPM), Dominique Pain (SFEPM) et Hélène Dupuy (SFEPM)

Mise en page du document : Olivier Clavaud, Osmerly, Cher

Photographie de couverture : Charles Lemarchand - Hérisson d'Europe

Imprimerie Doc Images - 49 Route de Berry Bouy, 18230 Saint-Doulchard - papier PEFC

Citation du document :

Leboulenger F., Pain D. & Dupuy H. (coords), 2025. Actes des 3^{èmes} Rencontres nationales Petits Mammifères. Société Française pour l'Etude et la Protection des Mammifères, 4-5 mars 2023, Bourges, France. *Arvicola*, numéro spécial, 136p.

Bibliographie et architecture des articles de ce n° d'*Arvicola*

Dans un souci de temps et tout en sachant que cela ne correspond pas à la politique des anciens numéros d'*Arvicola*, nous n'avons pas harmonisé les bibliographies entre les articles, nous les avons reprises telles qu'elles nous ont été transmises. De la même façon, certains articles nous ont été transmis sans résumé et/ou mot clé et nous les avons mis en page tels quels.

3^{èmes} Rencontres Nationales PETITS MAMMIFÈRES

4 & 5 mars 2023
à Bourges

Muscardin © Jean-Michel Bompar



C'est un grand plaisir pour nous quatre, coanimateurs du groupe de travail Petits Mammifères de la SFEPM, d'écrire l'éditorial de présentation des Actes des 3èmes Rencontres nationales dédiées à cette catégorie de mammifères, tenues les 4 et 5 mars 2023 au Muséum de Bourges. Ainsi, au fil du temps il se confirme que ces Rencontres s'inscrivent dans la durée à fréquence bisannuelle, conformément à l'objectif que s'étaient fixé les initiateurs de l'événement suite à la relance du groupe de travail en 2016. Après l'épisode tendu de la pandémie de covid 19, qui nous avait contraints en 2021 à organiser les 2èmes RNPM en visioconférence, sous forme d'un webinaire d'une seule journée, se retrouver de nouveau à Bourges en présence physique sur un week-end a constitué une indéniable satisfaction, même si la taille de l'amphithéâtre du Muséum limite le nombre de participants.

Ces Rencontres ont de nouveau été marquées par la diversité des thématiques abordées, peut-être même accrue au regard des deux premières éditions, et nous remercions de nouveau tous les intervenants pour le riche programme qu'ils nous ont permis d'élaborer.

La diversité des structures intervenantes constitue aussi un important motif de satisfaction. Si les associations régionales et nationales, dont la SFEPM, ont assuré une part majeure des communications, les chercheuses et chercheurs universitaires et du MNHN ont été bien présents, de même que les organismes d'État (ONF, EDF) ou territoriaux (Muséum de Nice).

Pour leur 3^{ème} édition, ces Rencontres ont pris une dimension européenne, ce qui ne peut que nous réjouir, avec une communication sur les diverses chausse-trappes du barcoding, apportée de Suisse, et une autre sur la bioacoustique des petits mammifères, délivrée en visioconférence depuis l'Angleterre. L'appropriation de cette approche méthodologique pour les inventaires de petits Rongeurs et Eulipotyphles, peu développée jusqu'à présent contrairement à son utilisation intensive pour les Chiroptères, est probablement amenée à progresser à l'avenir, sous réserve des possibilités d'identification sans ambiguïté d'au moins certaines espèces, ce qui

semble pouvoir être le cas pour le Muscardin et le Rat surmulot.

Une session dédiée au seul Hérisson d'Europe, comportant quatre communications, a permis d'aborder plusieurs thèmes très différents concernant cette espèce, depuis les aspects scientifiques de la dynamique des populations jusqu'à des actions de facilitation de circulation en milieu urbain et périurbain, en passant par la tentative de recensement au niveau national et les aspects sanitaires et de contamination par divers polluants.

Plusieurs communications ont permis d'illustrer l'intérêt et l'efficacité des collaborations entre associations mammalogiques et chercheurs universitaires ou du MNHN. Ainsi, des problématiques régionales peuvent pour leur exploration bénéficier de moyens scientifiques et techniques de laboratoires. Ces liens concernent notamment les approches faisant appel à la génétique moléculaire mais également à la morphométrie. Cette coopération productive entre naturalistes et chercheurs s'avère également incontournable dans la réalisation du programme « Espèces cryptiques » initié par la SFEPM, qui a fait l'objet tout au long des Rencontres d'une collecte de spécimens, qui devaient par la suite rejoindre différents laboratoires (Lyon, Dijon, MNHN) pour analyse.

Bien que la notion de Petits Mammifères ne concerne a priori que des Eulipotyphles et des Rongeurs, pour la première fois, les plus petits Carnivores ont été intégrés dans le programme des Rencontres via un atelier dédié aux méthodes de recensement de la Belette et de l'Hermine.

En point d'orgue de ces Rencontres, dans le cadre d'une table ronde, nous avons pu présenter la version bien aboutie, sinon finalisée, du premier guide méthodologique pour l'étude des petits mammifères, fruit d'un travail collectif auquel ont contribué des membres d'associations régionales de même que des mammalogistes indépendants. La première version de ce guide a depuis été mise en ligne sur le site de la SFEPM à la toute fin de 2023.

Si ce bilan est particulièrement enthousiasmant et motivant, nous exprimons néanmoins le regret qu'aucune communication n'ait de nouveau, comme en 2021, concerné les petits mammifères des départements et territoires d'outre-mer alors qu'une présentation leur avait été consacrée lors de la première édition des Rencontres. Même si cette catégorie faunistique n'est pas particulièrement bien représentée dans les DROM-COM, hormis la Guyane, elle rassemble des formes originales que nous ne devons pas ignorer et qui seront prises en compte dans les futurs volumes de l'Atlas des Mammifères de France, dont la SFEPM a maintenant la charge.

Puisque ces Actes sont une publication, nous tenons bien évidemment en tout premier lieu à fortement remercier les auteurs des articles qui, après avoir communiqué oralement sur leurs travaux lors des Rencontres, ont fait l'effort de consigner par écrit leur problématique, les méthodologies mises en œuvre et les résultats obtenus pour qu'à la fois en soit conservée une trace concrète, les remettre en mémoire des participants au colloque et en faire bénéficier ceux qui n'ont pu venir à Bourges en 2023.

Pour ce qui est de l'organisation,

un **MERCI** tout particulier est adressé à Dominique Pain, chargée de communication et de la vie associative à la SFEPM pour son soutien sans faille dans la durée, ses prises d'initiatives judicieuses, son sens des relations humaines et plus globalement ses immenses qualités fort précieuses pour nous qui organisons à distance. Nous remercions aussi vivement les membres de l'équipe de la SFEPM pour leur implication dans l'organisation et le déroulement pratique des Rencontres.

Pour terminer, nous vous souhaitons bonne lecture des articles rassemblés dans ce numéro spécial de la revue Arvicola, à valeur d'Actes des 3^{èmes} Rencontres nationales Petits Mammifères, organisées par la SFEPM.

*Hélène Dupuy, Fabrice Darinot,
François Leboulenger & Thomas Ruys,
animateurs du Groupe de Travail
Petits Mammifères de la SFEPM*



Crocitude leucode © Christian König

Etude des capacités de dispersion et d'échanges entre populations à l'échelle du bassin versant chez le Campagnol amphibie (*Arvicola sapidus*) en basse-Bretagne

Franck SIMONNET ¹, Lucie GOLFIER ¹, Thomas DUBOS ¹, Ronan Nedelec ¹, Marine IHUEL ³, Nicolas BOUDEREAUX ³, David MENANTEAU ³, Meggane RAMOS ¹, Lise-Marie PIGNEUR ², Alix ATTAQUE ², Johan MICHAUX ² & Thomas LE CAMPION ¹

¹ Groupe Mammalogique Breton, Maison de la rivière, 29450 SIZUN, France

² Laboratoire de Génétique de la Conservation - Université de Liège

³ Lannion Trégor Communauté – Réserve Naturelle Régionale des landes, prairies et étangs de Plounérin

franck.simonnet@gmb.bzh

Résumé

De mai à août 2021, le Groupe Mammalogique Breton a mené des opérations de capture par cages-pièges et de radiopistage de Campagnol amphibie (*Arvicola sapidus*) sur quatre sites distincts du bassin versant de la Lieue de Grève (22), sur la côte nord de la basse-Bretagne. 167 captures concernant 66 individus ont été réalisées en 424 nuits-pièges. Dix individus ont été suivis pendant 6 à 60 jours (un mois en moyenne) afin d'appréhender les capacités de dispersion de l'espèce. En outre, des prélèvements de poils ont été effectués afin d'explorer la différenciation génétique entre les individus de plusieurs sites espacés de 4,5 à 10 km. Nous présentons ici les principaux résultats en termes de distance de dispersion, de survie, de domaine vital, de dérangement par le pâturage et de structuration génétique. Enfin, nous les comparons aux éléments connus par ailleurs et esquissons leurs implications en matière de préservation.

Mots-clés : Campagnol amphibie, *Arvicola sapidus*, radiopistage, structuration génétique, population, dispersion, domaine vital, pâturage, Bretagne.

Introduction

Le Campagnol amphibie (*Arvicola sapidus*) est une espèce protégée en France, en régression, classée quasi-menacée en Bretagne et vulnérable à l'échelle mondiale (Rigaux *et al.* 2008) et dont l'aire de répartition se limite à la France et la péninsule ibérique. La région Bretagne porte une responsabilité élevée dans sa conservation (Simonnet *et al.* 2017).

Dans cette région, des inventaires menés de 2007 à 2014 montraient que l'espèce était plus fréquemment rencontrée à l'Ouest et, dans une moindre mesure, sur la côte atlantique (Figure 1). Ce schéma suivait celui de la disponibilité des habitats (Simonnet *et al.* 2015). Sa fréquence était moindre dans les paysages fortement marqués par l'agriculture productiviste et dans les secteurs à connectivité faible (Maillet 2022). En outre, plus les milieux propices à son installation étaient rares, moins l'espèce y était fréquente : dans les zones où les habitats étaient moins présents, leur

taux d'occupation était plus faible (voir Simonnet *et al.* 2022). Des observations concordantes ont été effectuées au Portugal où la proportion de sites occupés est d'autant plus importante que les habitats favorables sont nombreux et étendus (Pita *et al.* 2013). Ce constat est à mettre en regard avec une certaine sensibilité de l'espèce à la fragmentation de ses habitats, du fait de son fonctionnement en métapopulations (Mate *et al.* 2016).

Les données collectées au cours des dernières années suggèrent une régression nette de l'espèce, en particulier dans l'Ouest de la région. Ainsi, sur 15 mailles de 10x10 km prospectées selon le protocole de l'enquête nationale lancée en 2008 (Rigaux & Poitevin 2008) au cours de la période 2007-2014, puis au cours de la période 2017-2021, on observe une diminution significative du pourcentage de sites positifs de 50 % à 38 %. Cette diminution concerne avant tout le Finistère, où la proportion passe de 77,5 % à 46 % (Maillet 2022). En outre, si l'on se cantonne uniquement aux 236

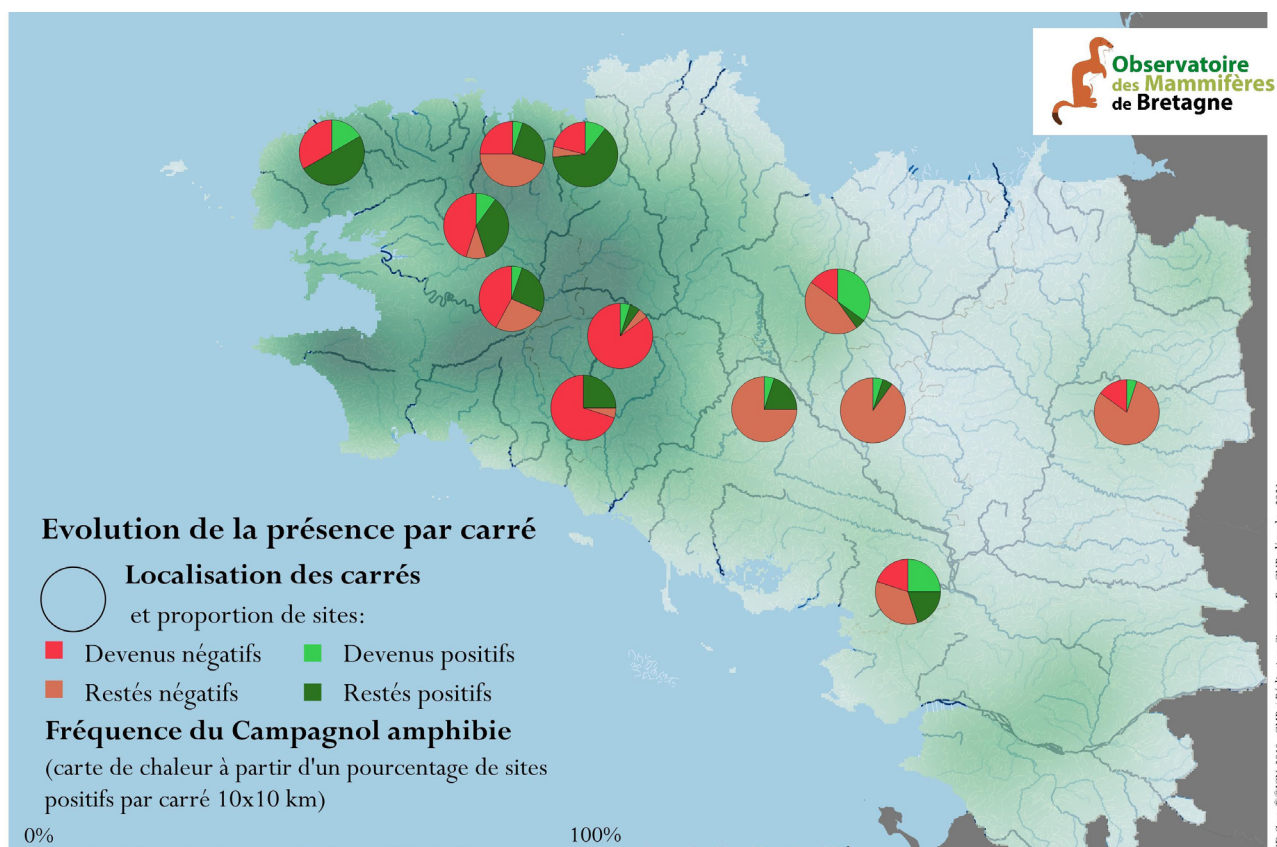


Figure 1. Evolution de la présence du Campagnol amphibie sur 12 mailles entre 2007-14 et 2017-21

sites prospectés aux deux périodes, le pourcentage de sites positifs passe de 54 % à 33 % (Guiheneuf 2023). L'espèce a « déserté » 30,9% de ces sites tandis qu'elle est « apparue » sur 10,6 % (la situation restait inchangée sur 138 sites soit 58,5%). Ce pourcentage de sites « désertés » est particulièrement élevé dans les mailles de la moitié Ouest (analyses non publiées, Guiheneuf – Figure 1).

Une part au moins de ce constat s'explique probablement par la forte dynamique d'enfrichement observée dans les zones humides de Bretagne suite à l'abandon des prairies humides, et le fait que le Centre-Ouest de la région est particulièrement concerné par ce phénomène (Preux *et al.* 2019).

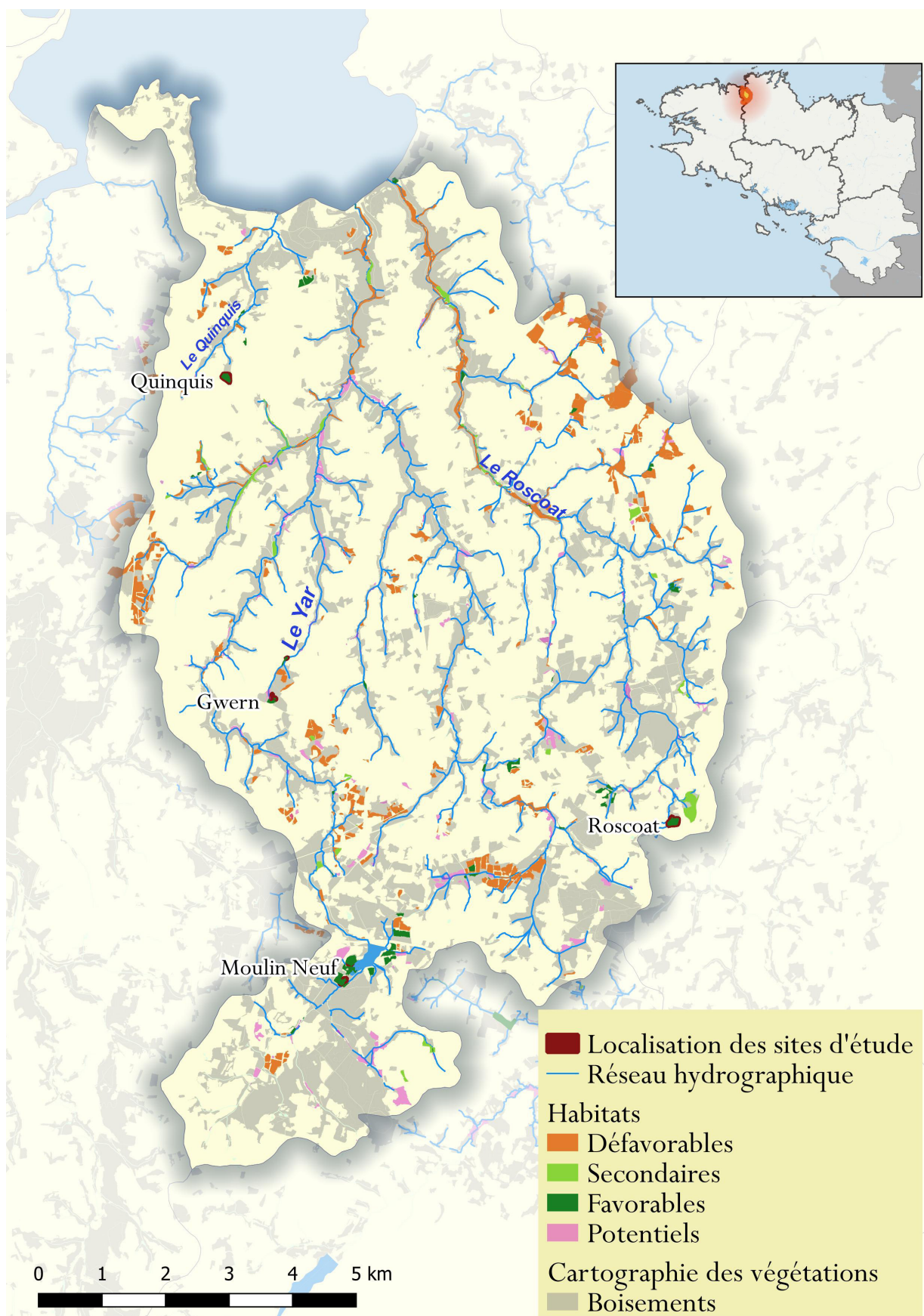
Dans ce contexte (sensibilité à la fragmentation, perte d'habitat), il apparaît nécessaire de disposer d'informations concernant les capacités de dispersion et de brassage génétique chez cette espèce. Si certaines observations (Simonnet *et al.* 2015) suggèrent de bonnes capacités de déplacement (du fait notamment de la présence de l'espèce sur des sites relativement isolés), les connaissances précises à ce sujet demeurent fragmentaires. C'est pourquoi nous avons souhaité étudier la dispersion d'individus par radiopistage et la structure génétique d'une population à l'échelle d'un bassin versant de Bretagne.

Matériel et Méthodes

Aire d'étude

Le bassin versant de la Lieue de Grève a été choisi en raison d'une part, d'une relativement bonne connaissance préalable concernant la distribution de l'espèce, et d'autre part, de ses caractéristiques en matière d'habitats. En effet, cette zone est en fait composée de trois bassins versants distincts (ceux de petits fleuves et ruisseaux côtiers, le Yar, le Roscoat et le Quinquis), et présente d'importants linéaires boisés, ces caractéristiques induisant des obstacles potentiels (Figure 2).

Les bassins versants du Yar et du Roscoat occupent respectivement une surface de 61 et 33 km², pour 72 km et 53 km de cours d'eau. Le bassin versant du Quinquis est de taille réduite, de l'ordre de 5 km². Les cours d'eau sont de type salmonicole et principalement lotiques, assez encaissés et principalement bordés de boisements. Les zones de sources sont moins encaissées et bordées de prairies et zones humides. Les zones de plateau sont occupées par un bocage dit à mailles élargies (Le Du-Blayo *et al.* 2013) encore relativement préservé, voire dense par endroits.



Sources: BD Carthage (© IGN 2010) - GMR - 1. Lannion Tréfor Communauté - Carte des grands troncs de végétation de Bretagne - FPN de Rost - 2015-2020 - Réalisation: Franck Simonnet - Groupe Mammalogique Breton - avril 2022

Figure 2. Aire d'étude et localisation des quatre sites d'étude.



Figure 3. Photographies des sites de capture : Moulin Neuf (a), Roscoat (b), Quinquis (c), Gwern (d)
© Franck Simonnet et Lucie Golfier

Choix de sites d'étude

En premier lieu, un repérage cartographique des zones potentiellement favorables a été effectué à partir de la cartographie des grands types de végétation du Conservatoire National Botanique de Brest (Sellin *et al.* 2021) et de l'inventaire des zones humides de Lannion Trégor Communauté. Il a permis d'identifier 657 parcelles susceptibles d'abriter des habitats favorables à l'espèce. Dans un second temps, un examen des photographies aériennes a permis d'écarter 345 de ces parcelles et de sélectionner 312 sites pouvant présenter des habitats favorables. Ce travail a guidé les prospections pour la cartographie des habitats favorables et des sites de présence de l'espèce. Celles-ci ont permis de visiter 209 sites potentiellement favorables. Parmi eux, 66 se sont avérés effectivement favorables à l'espèce, soit 32 % et 53 ont été jugés « secondaires », c'est-à-dire qu'ils présentent des caractéristiques de végétation et d'humidité pouvant s'avérer occasionnellement favorables selon les périodes

de l'année et qu'ils pourraient être utilisés par l'espèce comme habitats de substitution temporaires ou de transit. L'espèce a été repérée sur 49 sites, 44 des 66 sites favorables (67%) et 5 des 53 sites « secondaires » (9,4%). A partir de ce travail, quatre secteurs d'étude ont été sélectionnés car ils présentaient une densité d'indices de présence élevée laissant présager un nombre d'individus suffisant et des localisations adéquates pour l'étude projetée (Figures 2 & 3) :

- Moulin Neuf : Prairies humides en queue d'un étang de 16 ha, en amont du cours du Yar,
- Roscoat : Prairies humides situées sur les sources du ruisseau de Roscoat,
- Gwern : Mégaphorbiaie en bord de ruisseau et complexe d'étangs et de friches humides (deux zones espacées de 650 mètres),
- Quinquis : Prairie humide située sur la source du ruisseau du Quinquis.

Ces sites sont espacés de 4,5 à 10 km environ à vol

Tableau 1. Distance euclidienne approximative en mètres entre les quatre sites de capture

Site	Moulin Neuf	Roscoat	Gwern	Quinquis
Moulin Neuf	-	5 700	4 500	10 000
Roscoat		-	5 500	10 000
Gwern			-	4 400
Quinquis				-

d'oiseau (Tableau 1). Afin d'étudier les déplacements des individus, il a été recherché des sites où le type de gestion pouvait induire un dérangement et donc une émigration des individus. Cette configuration n'a cependant été réellement concrétisée que sur le site de Moulin Neuf où un pâturage équin est appliqué par le gestionnaire, la Réserve Naturelle Régionale.

Capture

Les campagnols amphibies ont été capturés à l'aide de cages pliantes de type « ratière » BTTM™ appâtées avec un morceau réduit de pomme et de la carotte (Rigaux & Charruau 2007, Thomas 2019). L'ajout de boulettes de farine et beurre de cacahuète a été testé afin d'apporter davantage d'aliments énergétiques mais celles-ci ont été délaissées. Les cages ont été pré-appâtées durant deux nuits avant leur amorce (Simonnet *et al.* 2022). Elles ont été disposées à intervalles irréguliers car systématiquement à proximité d'un crottier frais. Du foin sec a été disposé dans les cages afin d'apporter une protection contre le froid et l'ensoleillement. Des planches de bois ont été disposées sous les cages dans les lieux les plus humides afin d'isoler les animaux de l'humidité.

Les opérations de capture, réalisées avec les autorisations réglementaires nécessaires, ont été planifiées sur la base de cinq nuits de piégeage avec un relevé matin et soir (Rigaux & Charruau 2007, Thomas 2019). En pratique, elles ont été menées pendant trois à cinq nuits selon les sites et l'objectif (en nombre d'individus prélevés ou équipés de colliers émetteurs), et ont fait l'objet de diverses adaptations visant à limiter la mortalité, en particulier celle engendrée par des recaptures répétées (Simonnet *et al.* 2022) : augmentation de la fréquence des relevés, adaptation des horaires des relevés en fonction de la météo, interruptions du piégeage pour 48h ou fermeture de certains pièges (pour plus de détails, voir Le Champion *et al.* 2022). Au total, 143 pièges ont été disposés pendant trois à cinq nuits, pour un effort de piégeage de 424 nuits-pièges.

Les individus ont été marqués à l'aide d'une coupe de poils sur l'arrière-train, de façon à les reconnaître individuellement (des marqueurs pour bétail ont été testés mais les marques ne persistaient pas au-delà d'une nuit). Ils ont été sexés, et une estimation de l'âge en deux catégories (juvéniles/(sub)adultes) a été effectuée à partir du poids, du pelage et de l'état reproducteur identifiable.

Radiopistage

Les émetteurs ont été sélectionnés sur la base d'un compromis entre leur poids (moins de 5% de celui des animaux), leur mode de fixation, leur durée et leur puissance d'émission. Le choix s'est porté sur deux modèles de marque Telenax™ à fixation par collier de

type « cerflex » en plastique et à activation magnétique (fréquence d'émission entre 150.000 et 151.000 kHz):

- 2 VHF transmitters TXE-116C (10.2 g) : Distance de réception du signal en conditions idéales : 20 km. Autonomie : 4 mois.
- 8 VHF transmitters TXE-006C (3.1g) : Distance de réception du signal en conditions idéales : 8 km. Autonomie : 80 jours.

Le suivi télémétrique a été effectué sur une base quotidienne, avec des variations selon les circonstances :

- deux à trois relevés par jour en début de suivi ou lors de déplacements des animaux
- tous les un à trois jours, sauf exceptions, lorsque les animaux se cantonnaient dans une parcelle.

En fin de suivi, les animaux ont été recapturés pour être déséquipés, en particulier lorsque le signal d'émission faiblissait.

Prélèvements génétiques

Afin d'explorer les différences et similitudes génétiques des individus présents sur les quatre sites, des prélèvements de poils ont été effectués sur l'arrière-train des animaux capturés, ou des prélèvements de tissus sur les cadavres le cas échéant. Ces échantillons ont été conservés dans l'alcool à 90° non modifié. Lorsque plusieurs jeunes individus de poids similaire étaient capturés dans des pièges proches, un seul d'entre eux a fait l'objet d'une analyse, afin d'éviter d'introduire dans l'analyse plusieurs individus d'une même portée. Ainsi, 53 prélèvements ont été retenus pour l'analyse (Tableau 2) effectuée à l'Université de Liège en Belgique (Pigneur *et al.* 2022).

Dix marqueurs microsatellites spécifiques au genre *Arvicola* (Centeno-Cuadros *et al.* 2011, Stewart *et al.* 1999, Van de Zande *et al.* 2011) ont été amplifiés par PCR (Polymerase Chain Reaction) en deux « mix multiplex ». Une amorce de chaque locus microsatellite était marquée par un fluorochrome particulier. Les produits PCR ont été analysés sur un séquenceur multicapillaire. Les génotypes multilocus ont été déterminés via le logiciel Genemapper 4.0 (Applied Biosystems). Le logiciel Structure (Pritchard *et al.* 2000) a été utilisé afin de vérifier si des groupes génétiques se distinguent parmi les échantillons récoltés. La meilleure valeur de K (nombre de groupes génétiques) a été déterminée d'après la méthode d'Evanno *et al.* (2005). Les paramètres de diversité génétique dont les indices de fixation (FST) et de consanguinité (FIS) ont été calculés via le package diveRsity (Keenan *et al.* 2013) dans R.

Résultats

Captures

Un total de 136 captures de Campagnol amphibie a

Tableau 2. Nombre de Campagnols amphibies capturés et de prélèvements génétiques analysés par site (* le succès de capture est calculé en fonction du nombre de pièges opérants et en retirant les recaptures au sein d'une même séquence de 24h)

Site	Nombre de pièges	Nombre de captures	Succès de capture par 100 nuit-piège*	Nombre d'individus	Nombre de prélèvements génétiques
Moulin Neuf	61	82	43,0	28	20
Roscoat	20	11	37,1	8	7
Gwern	22	20	19,6	15	11
Quinquis	40	23	24,3	15	15

eu lieu, concernant 66 individus (voir Tableau 2). Trois autres espèces ont fait l'objet de quelques captures occasionnelles : Campagnol roussâtre (*Clethrionomys glareolus*), Campagnol agreste (*Microtus agrestis*) et Mulet sylvestre (*Apodemus sylvaticus*).

Le succès de capture global est de 31,9 captures par 100 nuits-pièges, ce qui peut être considéré comme élevé (voir Simonnet *et al.* 2022). Au-delà de probables bonnes densités de l'espèce liées à la sélection de sites particulièrement favorables et présentant de nombreux indices, cela semble indiquer une bonne efficacité du protocole de capture.

En revanche, six cas de mortalité dans les cages-pièges sont à déplorer. L'adaptation de la méthode de relevé au cours des opérations a permis de mettre un terme aux cas de mortalité, hormis un cas dû à l'attaque d'un prédateur à travers la cage.

Radiopistage

Douze individus ont été équipés d'un collier émetteur, cinq femelles et sept mâles. Deux mâles sont morts suite à des recaptures (deux des six cas précédemment

cités) et dix ont fait l'objet d'un suivi. Celui-ci a duré entre six et 60 jours (33,8 en moyenne – Tableau 3) et permis 277 localisations.

Sur les dix individus équipés, trois sont morts en cours de suivi, cinq ont été déséquipés et le devenir de deux est incertain : dans un cas le collier a été retrouvé dans la prairie, dans l'autre, le signal a cessé de se déplacer, mais le collier (vraisemblablement sous terre) n'a pu être retrouvé. Nous ignorons si l'individu est mort ou s'il s'est débarrassé du collier. Concernant les cinq individus déséquipés, trois individus pesant aux alentours de 150 grammes lors de leur première capture avaient pris du poids à la fin du suivi. En revanche, les deux autres en avaient perdu (Tableau 3). Enfin, quatre d'entre eux avaient coupé leur antenne, réduisant l'émission du signal.

Les trois individus morts en cours de suivi ont selon toute vraisemblance été victimes de prédateurs. Dans un cas (MJ1), l'animal a été retrouvé après plusieurs jours de recherche, en état de décomposition, sous des matériaux de construction dans une propriété privée où un Chat domestique (*Felis catus*) tue de

Tableau 3. Liste des individus suivis par télémétrie et principales caractéristiques du suivi

N° indiv.	Secteur	Emetteur	Sexe	Âge	Poids départ (g)	Poids final (g)	Date pose	Date fin	Durée suivi	Nb relevés	Circonstances fin
MA1†	Moulin Neuf	TXE-116C	♂	Ad.	200	200	24/05/2021	25/05/2021	1	1	Mort dans piège
FA1	Moulin Neuf	TXE-006C	♀	Ad.	180	?	24/05/2021	16/06/2021	23	24	Prédation
MS1	Moulin Neuf	TXE-006C	♂	Sub (?)	150	185	24/05/2021	23/07/2021	60	50	Déséquipement
MJ1	Moulin Neuf	TXE-006C	♂	Juv.	120	?	24/05/2021	08/06/2021	9	21	Prédation
FA2	Moulin Neuf	TXE-006C	♀	Ad.	175	200	28/05/2021	03/06/2021	6	5	Prédation
MA4†	Moulin Neuf	TXE-116C	♂	Ad.	250	190	28/05/2021	04/06/2021	7	8	Mort dans piège
MA3	Roscoat	TXE-006C	♂	Ad.	193	?	12/07/2021	12/07/2021	21	21	Collier seul
FA3	Roscoat	TXE-006C	♀	Ad.	170	?	26/07/2021	26/07/2021	53	32	Immobilité
FA4	Quinquis	TXE-006C	♀	Ad.	185	150	02/08/2021	02/08/2021	42	32	Déséquipement
MS2	Quinquis	TXE-006C	♂	Sub (?)	155	165	10/08/2021	21/08/2021	48	39	Déséquipement
FS1	Quinquis	TXE-006C	♀	Sub (?)	150	165	04/08/2021	22/08/2021	42	39	Déséquipement
MA5	Quinquis	TXE-116C	♂	Ad.	210	200	01/08/2021	01/08/2021	26	18	Déséquipement



Figure 4. Gîte (à gauche) abritant la portée d'une femelle de Putois (à droite) ayant capturé un campagnol amphibie radiopisté © Lucie Golfier

nombreux petits mammifères. Nous suspectons une attaque par ce chat, le campagnol ayant été ensuite se réfugier blessé. Dans un second cas, l'animal (FA2) a été retrouvé à environ 300 mètres de son site de capture, en milieu assez peu favorable (végétation herbacée humide clairsemée) et à découvert. L'autopsie n'a pas permis de déterminer avec certitude la cause de la mort. Cependant, une mise à mort par un autre animal est suspectée, et en premier l'hypothèse d'un Chat domestique ayant joué avec l'animal provoquant sa strangulation par le collier semble la plus plausible. Enfin, une femelle (FA1), après avoir quitté la parcelle de capture au bout de trois semaines, a été capturée

par une femelle de Putois d'Europe (*Mustela putorius*) à environ 150 mètres de sa zone de vie habituelle, dans un boisement humide. Le putois l'a transportée dans son gîte (un tas de branches laissé par la Réserve Naturelle en bord de sentier – Figure 4) pour nourrir sa portée.

Les individus du site de Moulin Neuf ont tous quitté la parcelle où ils avaient été capturés. Le plus jeune individu (MJ1) semble l'avoir quittée par le ruisseau et vers l'amont quelques heures avant la mise en pâturage de la prairie. La femelle adulte FA2 l'a vraisemblablement quittée la nuit suivante, un jeune mâle (MS1) six jours après et la femelle FA1 14 jours

a

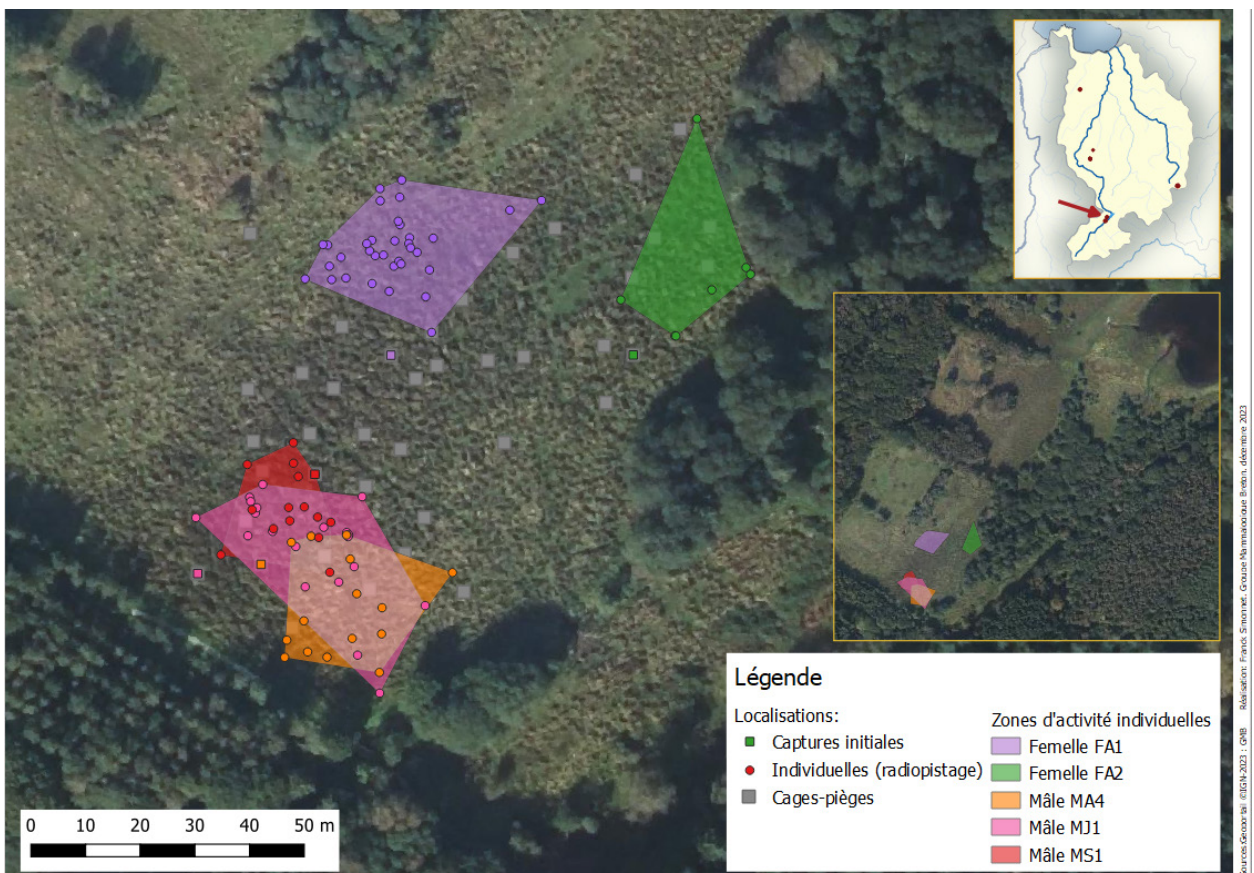




Figure 5. Cartographies des domaines vitaux sur les trois sites : Moulin Neuf (a), Roscoat (b), Quinquis (c).

après. Les individus du Quinquis et du Roscoat, où il n'y a pas eu de perturbation nette (une mise en pâture partielle, légère et très ponctuelle), n'ont pas émigré. La surface occupée par chaque individu dans sa parcelle de capture a été évaluée (méthode des polygones convexes minimums). Elle s'élève en moyenne à $383,7 \text{ m}^2$ ($\pm 220,7$). Les deux individus du Roscoat ont en réalité utilisé deux zones (dont les deux surfaces ont été ajoutées) : les abords de deux courtes (25-30 mètres) portions de ruisseau séparées d'une cinquantaine de mètres bordés d'une ripisylve (Figure 5b). Notons que l'individu juvénile a utilisé en quelques jours le domaine vital le plus étendu (Figure 5a). Il est apparu moins cantonné. Enfin, la surface occupée semble varier en fonction de l'habitat. En effet, les individus occupant essentiellement une zone de magnocariçaie occupent une zone de $188,8 \text{ m}^2$ ($\pm 53,2$) en moyenne, tandis qu'elle est de $552,2 \text{ m}^2$ ($\pm 150,7$) pour les individus occupant des prairies à joncs et de $170,5 \text{ m}^2$ ($\pm 89,5$) pour les individus en bord de ruisseau de Roscoat (Figure 6).

Il est à noter par ailleurs que nos résultats de piégeage et les localisations de radiopistage suggèrent un recouvrement parfois important des zones d'activités des différents individus (Figures 5).

Concernant les comportements de dispersion, leur observation a été limitée en raison du caractère sédentaire pendant la durée du suivi des individus du Roscoat et du Quinquis et des mortalités par prédation. Toutefois, le jeune individu MJ1, potentiellement victime d'un chat, a très vraisemblablement effectué lui-même le déplacement vers le site où son cadavre a été découvert. Nous estimons qu'il s'est ainsi déplacé en suivant le cours d'eau vers l'amont, sur une distance de 750 mètres, traversant une zone boisée pour rejoindre le premier habitat favorable disponible, une magnocariçaie bordant la propriété où il a été retrouvé. Par ailleurs, un individu, supposé sub-adulte lors de sa

capture (MS1) sur le site de Moulin Neuf, a pu être suivi attentivement le long de son parcours (Figure 7).

Ce jeune mâle pesant 150 g lors de sa première capture a émigré de la parcelle le 6 juin 2023, soit quatre jours après l'arrivée des chevaux. Au cours de la première nuit, il a parcouru près de 500 mètres à vol d'oiseau, vers l'aval, en suivant le cours d'eau puis la rive de l'étang. Après une halte d'environ 48h dans un habitat moyennement favorable, il a parcouru une distance de 450 mètres supplémentaires à vol d'oiseau, toujours en suivant les abords de l'étang vers l'aval, pour stationner dans une zone à la végétation favorable mais sèche à cette saison. Le lendemain 10 juin, il est localisé sous un roncier et en bord de fossé, en bordure de la RN 12, route à 2x2 voies qu'il a franchie *via* une buse hydraulique de 800 mm de diamètre et de plus de 50 mètres de long (l'usage de caméras automatiques montrera que d'autres individus empruntent cette buse). Le 11 juin, il a rejoint une prairie humide située 250 mètres de là. Cette prairie constitue alors un habitat moyennement favorable, mais la densité de végétation lui permet de s'y établir (Figure 8). Un ruisseau y prend sa source et ses berges y sont déjà occupées par d'autres individus de son espèce. L'animal demeure ensuite dans cette parcelle pendant 40 jours, fréquentant une zone d'environ 150 m^2 , jusqu'à la fauche de la prairie le 19 juillet. Il se réfugie alors en bordure de parcelle, dans un ourlet herbeux accolé à la haie. Il y restera jusqu'à son déséquipement le 23 juillet, suite à la perte de son signal d'émission. En cinq jours, cet individu a migré à 1 300 mètres de son point de départ et effectué un parcours d'au moins 1 600 mètres le long des réseaux hydrographiques.

Analyses génétiques

Le génotypage d'au moins sept marqueurs microsatellites sur les dix utilisés a été possible pour tous les échantillons (N=53). Le génotypage des 10



Figure 8. Photographies de la prairie où s'est établi un jeune individu (gauche), à 1 300 mètres de sa prairie d'origine, et de la zone où il s'est réfugié après la fauche (droite) © Franck Simonnet et Lucie Golfier.

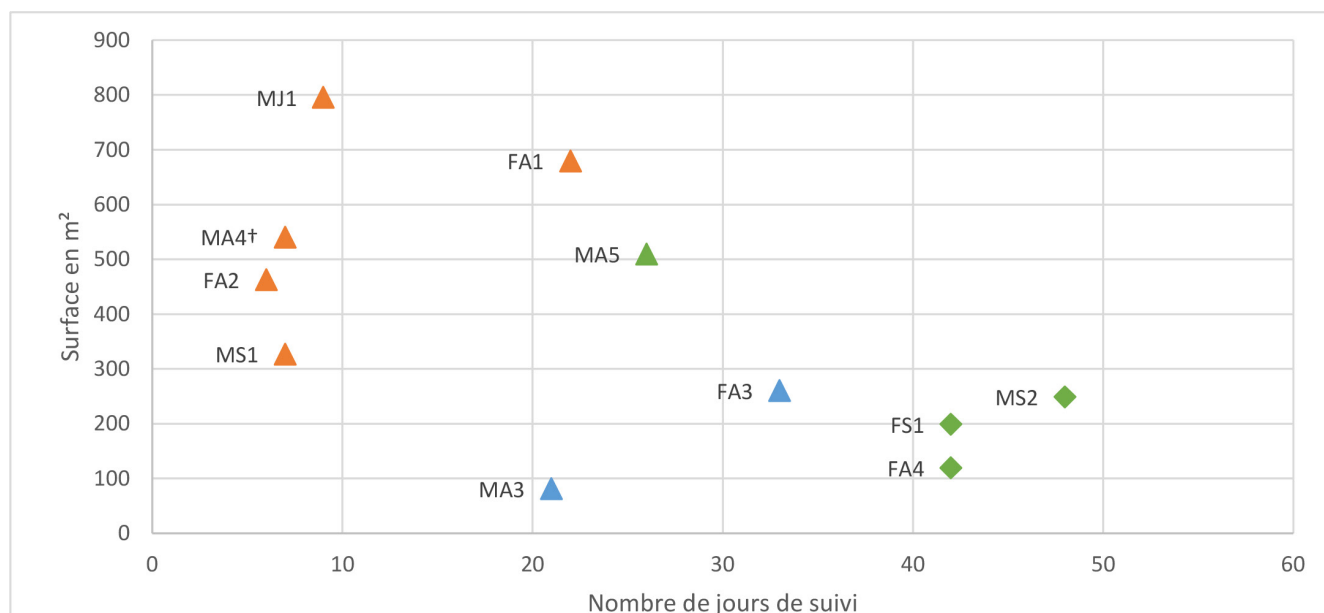


Figure 6. Surface de la zone occupée par chaque individu dans la parcelle de capture initiale, en fonction du temps de suivi. Rouge : site de Moulin Neuf ; Orange : site du Quinquis, Bleu : site de Roscoat – triangle : prairies à jonc ; losange : magnocariçaie.

marqueurs a fonctionné pour 60% des échantillons (N=32). Ces bons résultats ont permis d'inclure l'ensemble des échantillons dans la suite des analyses. L'analyse des génotypes a permis une identification individuelle. Deux cas de possibles « recaptures » ont été mis en évidence : deux paires d'échantillons semblent provenir chacune d'un même individu. Ceci semble être dû à des erreurs de lecture du 1^{er} marquage des individus sur le terrain, lecture compliquée par le test de marqueurs de couleur n'ayant pas persisté. Le génotypage concerne donc 51 individus.

Le nombre de groupes génétiques le plus probable selon la méthode d'Evanno *et al.* (2005) est de trois. Le groupe le plus différencié (en bleu sur la figure 9) correspond aux 14 individus du Quinquis. Les autres individus ne sont pas clairement assignés à un groupe mais présentent un mélange entre les deux autres groupes génétiques.

Une comparaison entre les individus du groupe du Quinquis et l'ensemble des autres individus donne un indice de fixation FST de 0,09, ce qui traduit une différenciation génétique modérée. Le coefficient de consanguinité FIS est assez bas pour ces deux ensembles - respectivement -0,0951 (-0,2626 - 0,0723) et 0,0014 (-0,0679 - 0,0609) - indiquant un risque de consanguinité faible. La richesse allélique est également importante (le coefficient Ar est respectivement de 3,27 et 4,35), indiquant une diversité génétique correcte.

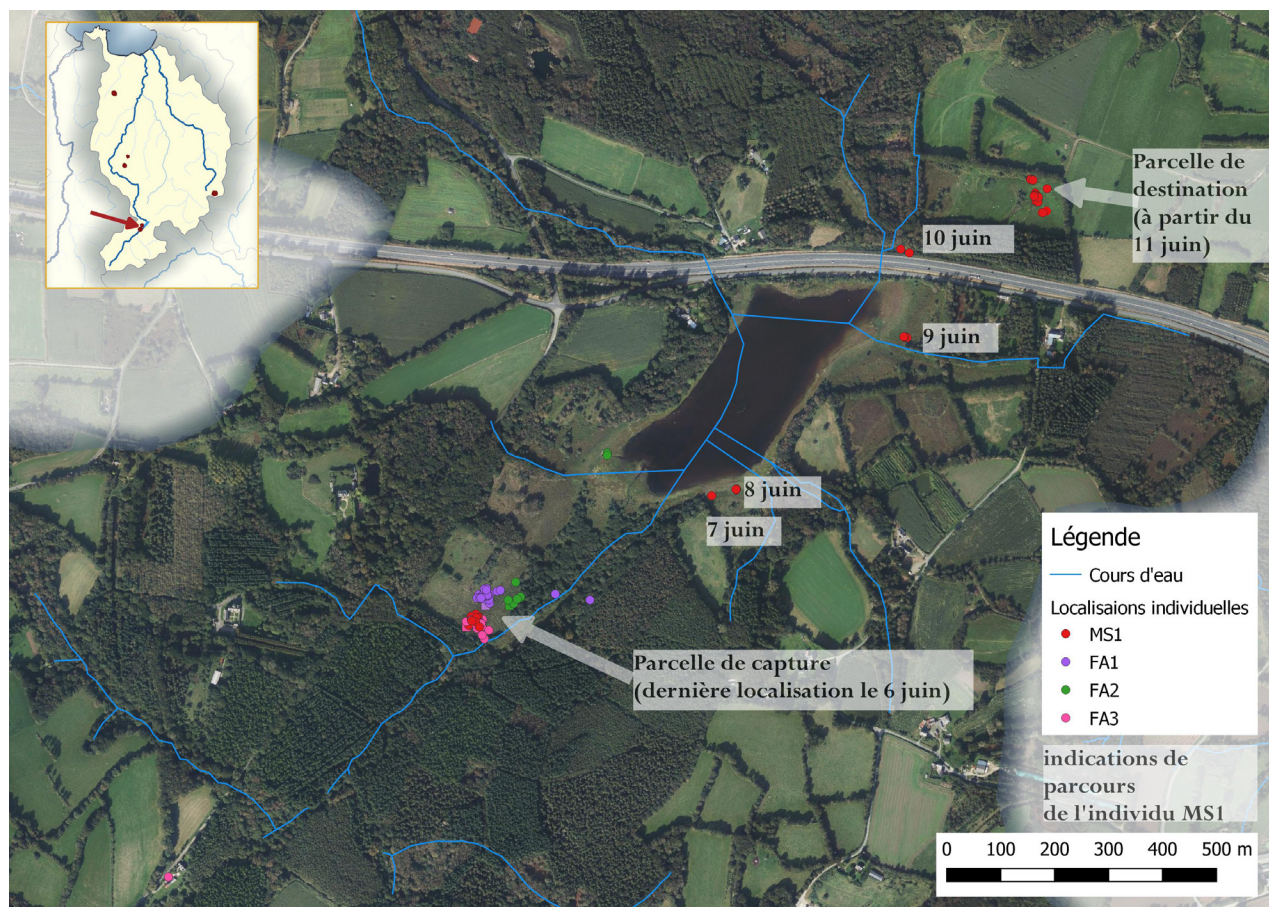
Discussion

Survie des individus

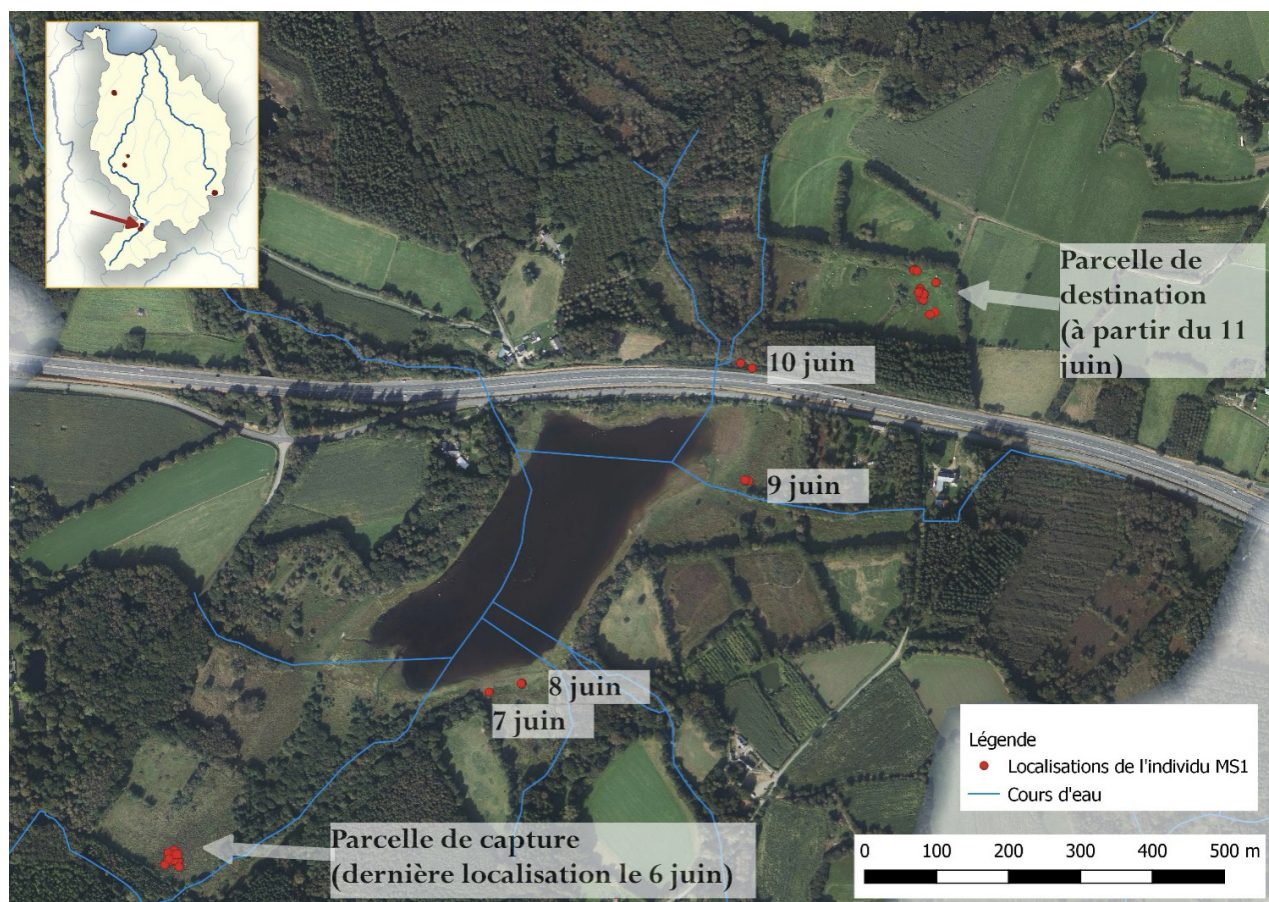
Trois individus suivis par radiopistage ont

vraisemblablement été tués par un prédateur. La question d'une plus grande vulnérabilité de ces animaux à la prédation en raison de la présence du collier émetteur se pose. Une gêne pouvant occasionner davantage de déplacements ou une moindre agilité pour échapper à un prédateur pourraient être suspectées. En outre, une plus grande détectabilité pourrait être supposée du fait du mouvement de l'antenne dans la végétation. Cependant, aucune de nos observations ne semble corroborer ces hypothèses : les animaux équipés ont montré de bonnes capacités de déplacement (au moment du relâcher puis lors des suivis) et la plupart ont pu être suivis pendant au moins trois semaines sans signes évidents de problèmes graves. Il est à noter cependant la présence de tiques sur deux d'entre eux au moment du déséquipement et, pour l'un d'eux, une perte de poils et une irritation de la peau au niveau du cou. Il s'agissait d'une femelle du site du Quinquis (FA4) qui accusait une perte de poids (Tableau 3).

Il ne semble pas anodin que sur les quatre individus ayant quitté la prairie du Moulin Neuf, trois aient été victimes de prédateurs. Dans les trois cas, nous disposons d'éléments suggérant fortement que la prédation a eu lieu après émigration de la parcelle. Dans le cas de l'individu juvénile MJ1, les dernières localisations montrent qu'il s'approche du ruisseau et il fait peu de doutes que la mort a eu lieu sur le site de découverte du cadavre. Dans le cas de la femelle FA1, elle a été observée en déplacement dans un bois rivulaire, vers l'aval (Figure 7), avant d'être retrouvée dans le gîte d'un putois. Enfin, concernant la femelle FA2, si nous n'avons pas la certitude qu'elle n'a pas été capturée sur la parcelle d'origine, l'intervention d'un

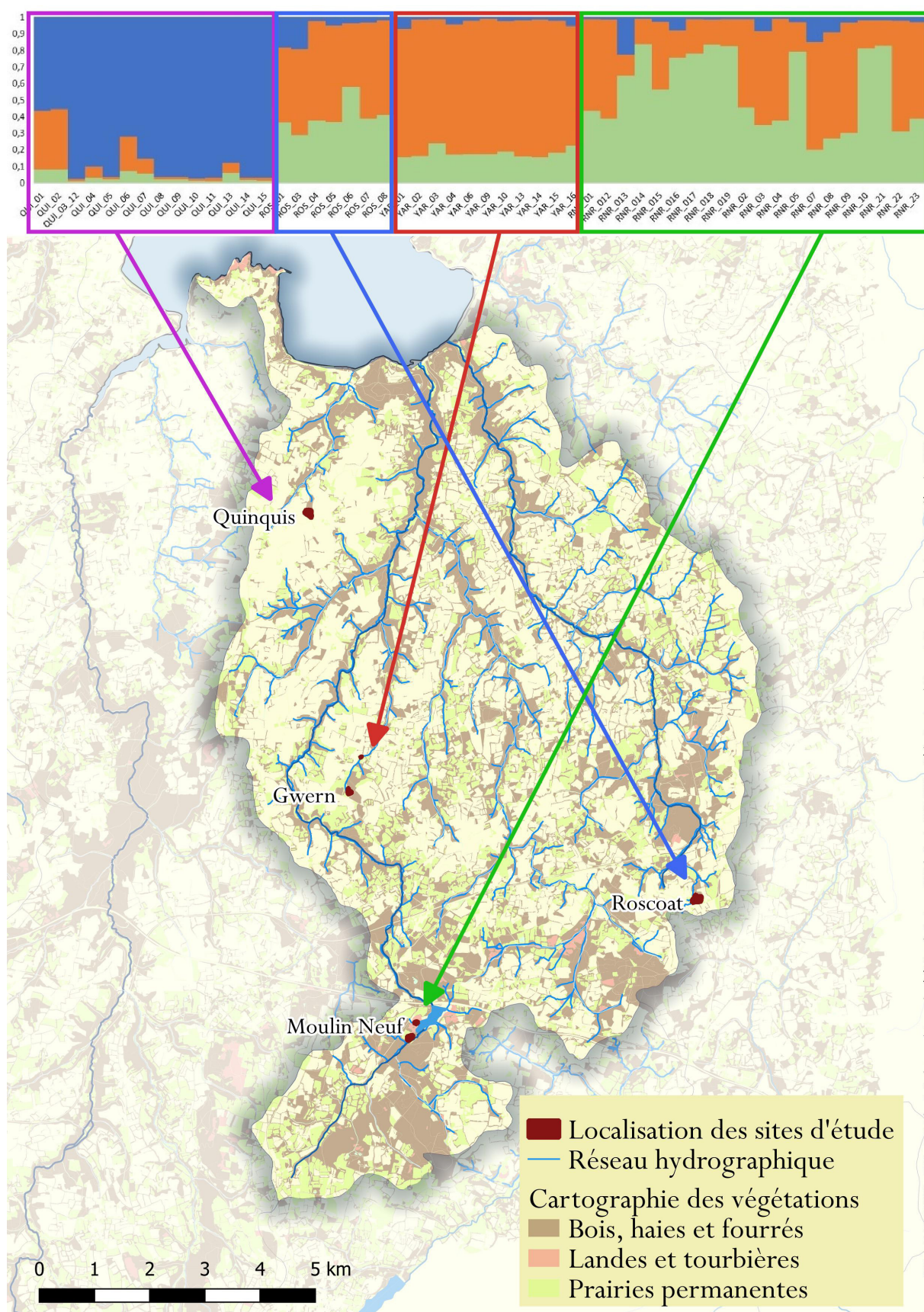


Sources: Geoportal © IGN-2023 : LTC : IGNB Réalisation: Florent Simonnet, Groupe Mammalogique Breton, décembre 2023



Sources: Geoportal © IGN-2023 : LTC : IGNB Réalisation: Florent Simonnet, Groupe Mammalogique Breton, décembre 2023

Figure 7. Localisations des individus ayant émigré du site de Moulin Neuf et étapes du parcours de l'individu MS1.



Sources: BD Carthage © IGN-2010 ; GMB ; GeoLab ; Carte des grands types de végétation de Bretagne, CBN de Brest - 2018-2020 Réalisation: Franck Simonet, Groupe Mammalogique Breton, décembre 2023

Figure 9. Résultats de l'analyse structure sur l'ensemble des génotypes des échantillons collectés pour $K=3$ et localisation. Chaque bâtonnet représente la probabilité d'un génotype d'appartenir à un des groupes.

prédateur lors d'une émigration est plus plausible : son cadavre a été découvert à 300 mètres de distance au Nord (Figure 7) et elle s'était, la veille (jour de l'arrivée des chevaux dans la parcelle), déplacée vers le Nord. Ainsi, comme nous le suspicions, et malgré la taille restreinte de l'échantillon, les campagnols amphibiens apparaissent particulièrement vulnérables à la prédation lorsqu'ils quittent un habitat favorable. En effet, ils sont alors contraints de traverser des zones où ils n'ont pas de repères, où les habitats peuvent être de moins bonne qualité, avec une végétation offrant moins de couvert, et de passer plus de temps en déplacement. Cet aspect, également noté par Mate *et al.* (2016) en Espagne, doit être pris en compte par les bureaux d'étude et les services instructeurs lors de l'élaboration de mesures de réduction d'impact des aménagements : la capture et le relâché d'individus sur un autre site pour éviter leur destruction risque de se traduire la plupart du temps par des déplacements erratiques les exposant fortement aux prédateurs, et par un taux de survie faible. Une telle mesure de réduction d'impact, si elle s'impose, ne peut être considérée comme suffisante. Elle ne permet donc pas à elle seule de justifier le non évitement de l'impact.

Taille des zones occupées par individu

Nos résultats concernant les surfaces exploitées avant émigration de la parcelle de capture (de 80 à 800 m² pour une moyenne de 400 m²), s'avèrent nettement inférieurs aux données disponibles dans la littérature. En Auvergne, sur une zone d'étangs, une surface de 3 600 m² a été estimée par capture-marquage-recapture, sur neuf jours (Rigaux *et al.* 2009). Dans un autre paysage de moyenne montagne, au Nord-Est de l'Espagne, Mate *et al.* (2016) mesurent, par radiopistage en juillet-août, sur sept semaines et sur huit individus dont le domaine vital est stable, des surfaces variant de 1 169 m² à 5 165 m² pour une moyenne de 2 668 m². Les résultats de Pita *et al.* (2010) dans un paysage agricole du Sud-Ouest du Portugal et pour une durée de suivi de 5 à 27 jours (29 individus) sont plus proches des nôtres avec des estimations allant de 230,5 m² à 2 858,5 m² pour une moyenne de 828 m², mais demeurent de l'ordre du double. Ces différences pourraient s'expliquer, au moins en partie, par des qualités d'habitats différentes. Mate *et al.* (2016) observent des tailles moindres dans un habitat optimal que dans un habitat moins favorable et précisent que, s'agissant d'une espèce essentiellement herbivore et au mode de vie semi-aquatique impliquant des dépenses d'énergie importantes, la productivité des habitats semble devoir constituer un élément clef qui influe davantage sur l'étendue des zones exploitées que la protection contre les prédateurs. Nos résultats montrent également des variations entre les habitats, avec des zones occupées plus restreintes dans la magnocariçaie du Quinquis. Nous avons également

observé par capture-marquage-recapture des variations de la taille des zones fréquentées selon l'habitat dans le Nord de l'Ille-et-Vilaine (Simonet *et al.* 2020).

Par ailleurs, nos résultats de radiopistage, mais aussi nos observations concernant la localisation des captures montrent que le chevauchement des zones occupées est assez large. C'est en particulier le cas des femelles FA4 et FS1 sur le site du Quinquis et du mâle et de la femelle radiopistés sur le site du Roscoat. Ce phénomène a également été observé, particulièrement entre individus de sexe différent, en milieu méditerranéen (Pita *et al.* 2010, Mate *et al.* 2016).

Effets du pâturage

Quelques éléments concernant les effets du pâturage sur le Campagnol amphibie peuvent être dégagés.

Sur le site du Roscoat, une mise en pâturage d'une partie de la zone occupée par l'espèce (une section de berge et une prairie attenante, sur une seule journée, par un petit troupeau de vaches) a eu lieu le 26 juillet, date à laquelle seule une femelle (FA3) était encore suivie. Ce pâturage plutôt extensif ne semble pas avoir influé fortement sur son comportement. Tout au plus note-t-on un décalage vers une berge non piétinée lors de la localisation de cette journée, mais qui ne dévie pas en distance par rapport à d'autres déplacements observés au cours des semaines précédentes.

Sur le site du Quinquis, les bovins ont eu un accès temporaire à la parcelle sans y être parqués. La pression aura été brève et faible. Aucun effet sur les individus n'a été observé.

Sur le site du Moulin Neuf, l'arrivée des chevaux (trois camarguais) semble avoir poussé deux individus à quitter la parcelle. La femelle FA2 a été retrouvée morte à 300 mètres le lendemain et l'individu MS1 a démarré son périple quatre jours après. Cependant, rien ne prouve qu'ils n'auraient pas quitté cette parcelle au même moment, sans pâturage. La femelle FA1 est quant à elle restée 14 jours après la mise en pâturage. Cependant, un dénombrement de crottiers a été effectué sur cette parcelle le 6 juillet, après un peu plus d'un mois de pâturage par les chevaux, et comparé à celui effectué le 21 mai lors du repérage pour la pose des cages-pièges, soit 12 jours avant la mise en pâturage. Il s'est élevé à 37 contre 165 avant pâturage. Dans le même temps, nous ne notions pas de différence visible dans le degré d'humidité de la prairie (maintien de zones d'eau affleurant notamment). Ce résultat porte à croire que le pâturage a effectivement eu un impact, faisant émigrer une bonne partie des individus (les trois quarts si l'on suppose une relation proportionnelle entre le nombre de crottiers et le nombre d'individus). Dans les marais de Doñana en Espagne, Román (2007) a observé un impact fort du pâturage bovin avec une disparition des campagnols amphibiens des

parties pâturées. Il s'agissait cependant d'un pâturage tel qu'il avait un impact très fort sur la végétation (consommation). Dans notre cas, si les chevaux ont créé de larges coulées dans les joncs, la couverture végétale a été relativement peu réduite en un mois. En revanche, le piétinement pourrait constituer un facteur de dérangement important, ainsi qu'un risque de mortalité, en particulier pour les jeunes.

Dispersion

L'absence de déplacement des individus du Roscoat et du Quinquis pourrait être due à l'absence de pâturage prolongé, ou à une question de saisonnalité. En effet, les individus de ces deux sites ont été suivis à partir de fin juin, alors que ceux du Moulin Neuf ont été équipés fin mai. Or, à Doñana, Román (2007) a observé que la dispersion s'opérait au printemps et à l'automne, mais pas en été.

Le suivi de deux individus issus du site de Moulin Neuf nous a permis de recueillir des informations concernant les distances de dispersion. Les jeunes mâles MS1 et MJ1 ayant émigré respectivement à 1 300 mètres et 750 m à vol d'oiseau, traversant des habitats pas ou peu propices (boisements humides, zones de végétation plus clairsemée). Ces résultats sont cohérents avec ceux observés à Doñana où Román (2007) a constaté que la dispersion concernait avant tout les jeunes mâles de 120 à 150 grammes et observé des dispersions de 695 ± 583 mètres pour les femelles ($n=7$) et 838 ± 583 mètres pour les mâles ($n=25$). La distance maximale était de 4,7 km et 87,5 % des individus se sont déplacés à moins de 1,5 km. En outre, les jeunes mâles ne s'étant pas encore reproduits ont parcouru des distances plus importantes ($1\,013 \pm 548$ m) que les mâles adultes après reproduction (286 ± 196 m).

Concernant les corridors de déplacement, toutes les localisations d'individus en dispersion ont été effectuées le long du réseau hydrographique. Ceci vient consolider l'hypothèse de Rigaux (2015) dont les observations suggèrent une dispersion essentiellement, si ce n'est exclusivement, via ces corridors

Structure génétique

Nos résultats indiquent une structuration génétique en trois groupes dont un est rattaché aux individus du Quinquis et se distingue des deux autres par une différenciation génétique modérée. Les animaux de ce site sont clairement séparés mais des flux géniques semblent cependant toujours avoir lieu de façon occasionnelle avec les autres populations. Les deux autres groupes sont peu différenciés et il existe probablement un brassage génétique très fréquent entre eux. Ils pourraient ainsi être considérés comme une seule et même métapopulation (Pigneur *et al.* 2022). Il semble apparaître une légère différence entre les individus de Moulin Neuf (Figure 9) et ceux des deux

autres sites, mais les résultats à ce stade ne permettent pas de l'affirmer.

Une étude du même type, menée dans les marais de Doñana, à une échelle spatiale comparable et utilisant les mêmes marqueurs microsatellites (Centeno-Cuadros *et al.* 2011) a abouti à des résultats relativement similaires. Les auteurs y observent, sur sept sites d'étude espacés de 3,4 à 43 km, un indice de fixation FST moyen de 0,072. Ils observent que la distance géographique est la variable expliquant le mieux les distances génétiques. L'ajout de variables concernant la perméabilité des milieux améliore l'explication, mais de façon secondaire. Si l'on examine les 21 paires de sites de cette étude, huit présentent une distance FST supérieure ou égale à celle que nous observons de 0,09. Ce sont des sites espacés en moyenne d'une trentaine de kilomètres (de 17 à 42). Dans notre étude, nous observons une différenciation génétique de même ordre pour deux ensembles espacés de 4,5 à 10 km selon le site considéré. Ainsi, la configuration du bassin de la Lieue de Grève semble entraîner une différenciation génétique plus importante si on la rapporte à une distance comparable.

En ce qui concerne le risque de dépression de consanguinité, les groupes génétiques mis en évidence dans notre étude semblent présenter un faible risque à ce propos et une diversité génétique assez élevée. La richesse allélique moyenne observée (3,27 et 4,35) est cependant moindre que celle observée à Doñana (comprise entre 4,3 et 5,9)

Nos résultats suggèrent une bonne connectivité des milieux entre les sources du Roscoat, du Yar et de ses affluents (sites de Moulin Neuf, Roscoat et Gwern) pour le Campagnol amphibie. Il apparaît probable que, dans ce secteur où les sources des différents cours d'eau sont proches et où des milieux naturels humides et à assez forte naturalité les séparent, une partie des flux se fasse par les lignes de partage des eaux.

La connectivité semble également suffisante entre le bassin versant du Quinquis et les bassins versants voisins. Cependant, nous ne savons pas si les flux génétiques observés entre le site du Quinquis et les autres sites s'opèrent par les cours aval et moyens du Yar et du Roscoat ou par le bassin versant voisin à l'Ouest. De plus, il n'est pas exclu que nos résultats illustrent la persistance de flux encore importants s'étant opérés il y a quelques années mais s'étant taris depuis. En effet, nos relevés de terrain nous ont permis d'observer la présence de nombreux sites en cours de fermeture par des ronciers et des ligneux qui étaient de toute évidence encore favorables à l'espèce il y a cinq à vingt ans. Aussi, il est possible que, par la perte d'habitats favorables à la reproduction et d'habitats favorables à des haltes pendant la dispersion sur les cours moyens et inférieurs du Yar et du Roscoat, les flux génétiques aient été réduits au fil des années.

Conclusion

Des déplacements sur de grandes distances (rapportées à la taille de l'animal) et une faible exigence en matière de sélection d'habitats lors de la dispersion constituent des atouts pour une espèce liée aux jeunes stades de végétation des milieux humides. En effet, l'instabilité inhérente à ces habitats (inondations, à secs, évolution naturelle de la végétation, perturbations par de grands ruminants...) impose une capacité à trouver les milieux alternatifs disponibles et à les coloniser. Nos résultats confirment en Bretagne ces bonnes capacités de dispersion chez le Campagnol amphibie, observées dans le Sud de son aire de répartition et suspectées dans la zone d'étude. Celles-ci semblent permettre à l'espèce d'assurer des échanges suffisants à l'échelle métapopulationnelle pour maintenir, jusqu'à maintenant, une diversité génétique viable, tout du moins dans les bassins versants de cours d'eau salmonicoles de basse-Bretagne où la connectivité des habitats naturels est bonne (paysages de bocage et vallées boisées). Ce constat n'est cependant pas nécessairement transposable dans l'espace, en particulier en haute-Bretagne qui présente davantage de paysages cultivés (Le Du-Blayo *et al.* 2013) et des cours d'eau plus dégradés (Besse 2022), ni dans le temps. En effet, il n'est pas exclu que l'accentuation de la fragmentation des habitats liée à la déprise agricole dans les fonds de vallées réduise ces échanges, aujourd'hui ou dans les années à venir, au point de tarir les flux de gènes. La traversée d'habitats non propices expose fortement les animaux à la prédation - comme le confirme dans notre suivi la mort de trois des quatre individus ayant émigré de leur habitat initial - et l'augmentation de la distance à parcourir entre les taches d'habitat favorable doit réduire mécaniquement la survie des individus et donc les chances d'atteindre un milieu où s'installer.

Aussi, dans une optique de préservation des populations de cette espèce menacée, des études complémentaires et des analyses concernant la fragmentation et la connexion des habitats restent à mener afin de déterminer une distance critique entre habitats favorables. La mise à disposition d'informations de cet ordre permettrait de nourrir les réflexions concernant la pertinence des actions de maintien de l'ouverture des milieux humides. De nombreux questionnaires de milieux naturels sont en effet confrontés à des questionnements sur le bien-fondé de dépenser des moyens importants en ce sens (Augier *et al.* 2022).

Enfin, dans un contexte d'abandon des fonds de vallées et de modifications des régimes hydriques liées notamment au changement climatique, il serait utile de réfléchir à la place que l'Humain accorde à un autre Rongeur des zones humides, remarquable agent

de réouverture des milieux et régulateur des niveaux d'eau, le Castor d'Europe...

Remerciements

Nous tenons à remercier vivement les personnes ayant participé aux relevés de terrain : Amélie Chastagner, Basile Montagne, Alain Gromas, Morgane Abbas, Maëlle Herbreteau, Emilie Barbosa, Isis Burke, Morgane Boileau, Paloma Manso, Pascal Rolland, Sarah Morfan, Mewan Hamard, Maxime Chapelle, Jean-Pierre le Leer, Emma Ledanois, Anouk Vacher, Anne Juton Pinson.

Merci à nos partenaires financiers, la Région Bretagne, les DREAL Bretagne et Pays de la Loire ainsi que les départements des Côtes d'Armor, du Finistère, d'Ille-et-Vilaine et de Loire-Atlantique et Lannion Trégor Communauté.

Bibliographie

- Augier A., Dexet P., Magueur A., Morel L., Le Gouëf Y., Jouan G., Boussard H., Preux T. & Dufour S. 2022. *Programme EcoFriche - rapport phase 2. L'enfrichement des milieux humides en Bretagne. Les enjeux de biodiversité, les usages et représentations.* Forum des Marais Atlantiques, 130 p.
- Besse T. (coord.) 2022. Chiffres clés de l'eau en Bretagne. Observatoire de l'Environnement en Bretagne, 51 p.
- Centeno-Cuadros A., Román J., Delibes M., Godoy J.A., 2011. Prisoners in Their Habitat? Generalist Dispersal by Habitat Specialists: A Case Study in Southern Water Vole (*Arvicola sapidus*). *PLOS ONE* 6(9): e24613.
- Evanno G., Regnaut S., & Goudet J., 2005. Detecting the number of clusters of individuals using the software STRUCTURE: a simulation study. *Molecular Ecology* 14 : 2611–2620.
- Guiheneuf A. 2023. *Elaboration d'un nouveau protocole de suivi du Campagnol amphibie (Arvicola sapidus) en Bretagne.* Groupe Mammalogique Breton, Université Toulouse III Paul Sabatier, 28 p + annexes.
- Keenan K., McGinnity P., Cros, T. F., Crozier W.W., & Prodöhl P. A., 2013. DiveRsity: An R package for the estimation and exploration of population genetics parameters and their associated errors. *Methods in Ecology and Evolution* 4(8) : 782–788.
- Le Campion T. (coord.), Boireau J., Caroff C., Chénaval N., Dubos T., Gaudichon C., Golfier L., Le Lay M., Ramos M. & Simonnet F. 2022. *Contrat-Nature "Mammifères menacés et à enjeux de connaissance en Bretagne" – Bilan année 02.* Groupe Mammalogique Breton. Sizun, 99 p. + annexes.
- Le Du-Blayo L., Barray F., Gouéry P., Bourget E., Michel K., Ganzetti I. & Le Petit A., 2013. *Les paysages de Bretagne.* Livret et poster. Conseil Régional de Bretagne, Rennes.

- Maillet M. 2022. *Modélisation de l'occurrence du Campagnol amphibie (Arvicola sapidus) en région Bretagne*. 2022. Observatoire des Mammifères de Bretagne. DREAL Bretagne, Région Bretagne et départements des Côtes d'Armor, du Finistère et d'Ille-et-Vilaine. Groupe Mammalogique Breton. Sizun, 27 p + annexes.
- Mate I., Barrull J., Ruiz-Olmo J., Gosàlbez J., Salicrú M. 2016. Spatial organization and intraspecific relationships of the southern water vole (*Arvicola sapidus*) in a Mediterranean mountain river: what is the role of habitat quality ? *Mammal Research*, 61: 255-268.
- Pigneur L.M., Attaque A. & Michaux J., 2022. *Rapport des analyses génétiques sur les échantillons de campagnols amphibies (Arvicola sapidus) collectés en Côtes-d'Armor en 2021*. Laboratoire de Génétique de la Conservation, Université de Liège, 6 p.
- Pita R., Mira A. & Beja P., 2010. Spatial segregation of two vole species (*Arvicola sapidus* and *Microtus cabreræ*) within habitat patches in a highly fragmented farmland landscape. *European Journal of Wildlife Research* 56: 651-662.
- Pita R., Mira A. & Beja P., 2013. Influence of Land Mosaic Composition and Structure on Patchy Populations: The Case of the Water Vole (*Arvicola sapidus*) in Mediterranean Farmland. *PLoS ONE* 8(7):e69976.
- Preux T., Augier A., Laslier M., Dufour S. & Magueur A. 2019. *L'enfrichement des milieux humides en Bretagne. Dynamique paysagère, évolution des usages, effets sur l'écologie des milieux aquatiques*. Rapport scientifique du programme ECOFRICHE phase 1, Forum des Marais Atlantiques, Université Rennes 2, LETG-Rennes, 128 p.
- Pritchard J. K., Stephens M., & Donnelly P., 2000. Inference of Population Structure Using Multilocus Genotype Data. *Genetics*, 2000 Jun, 155(2):945-59.
- Rigaux P. 2015. *Les campagnols aquatiques en France - Histoire, écologie, bilan de l'enquête 2009-2014*. Société Française pour l'Étude et la Protection des Mammifères, 164 p.
- Rigaux P. & Charruau P. 2007. *Le Campagnol amphibie Arvicola sapidus dans le bassin versant de la Sioule (Allier, Puy-de-Dôme et Creuse), état de la population, influence de facteurs naturels et anthropiques, et apport général l'étude des populations*. Groupe Mammalogique Auvergne, rapport d'étude, 55 p.
- Rigaux P., & Poitevin, F. (2008). *Enquête nationale Campagnol amphibie (Arvicola sapidus) – Protocole*. Société Française pour l'Étude et la Protection des Mammifères, 8 p.
- Rigaux P., Vaslin, M., Noblet, J.F., Amori, G. & Palomo, L.J. 2008. *Arvicola sapidus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2008: e.T2150A9290712. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T2150A9290712.en>. Accessed on 20 November 2023.
- Rigaux P., Chalbos M., Auvity F., Braure E. & Trouillet S., 2009. *Éléments sur la densité locale et l'utilisation de l'espace du campagnol amphibie (Arvicola sapidus): exemple de trois sites en Auvergne*. Groupe Mammalogique d'Auvergne, rapport d'étude, 22p.
- Román J. 2007. *Historia Natural de la Rata de Agua (Arvicola sapidus) en Doñana*. Tesis Doctoral. Universidad autonoma de Madrid, 191 p.
- Sellin V. (coord.), Auguin Y., Garcia O., Guilhauma G., Hardegen M. & Studerus K. 2021. *Cartographie des grands types de végétation de Bretagne*. FEDER / Région Bretagne / DREAL Bretagne / Agence de l'eau Loire- Bretagne / Département du Finistère / Département d'Ille-et-Vilaine / Département des Côtes-d'Armor / Département du Morbihan / Brest métropole / Parc naturel régional d'Armorique. Conservatoire botanique national de Brest, 124 p. + 2 annexes.
- Simonnet F. (Coord.) 2015. *Atlas des Mammifères de Bretagne*. Groupe Mammalogique Breton, Locus Solus, Lopérec, 304 p.
- Simonnet F., Dubos T., Hassani S. 2017. Les Mammifères menacés en Bretagne In Siorat F., Le Mao P., Yesou P. (Coords.) *Conservation de la faune et de la flore: Listes rouges et responsabilité de la Bretagne*. *Penn ar Bed* n°227: 18-29.
- Simonnet F., Ramos M., Trubert C., Florin O., Le Campion T & Dubos T. 2022. Etude de la population de Campagnol amphibie (*Arvicola sapidus*) de Landemarais (35) par capture-marquage-recapture *Arvicola* - 2022 - *Actes des Deuxièmes Rencontres Nationales Petits Mammifères*: 88-99.
- Stewart W.A., Dallas J.F., Piernney S.B., Marshall F., Lambin X. & Telfer S., 1999. Metapopulation genetic structure in the water vole, *Arvicola terrestris*, in NE Scotland. *Biological Journal of the Linnean Society* 68(1-2): 159-171.
- Thomas B. 2019. *Les Campagnols aquatiques du genre Arvicola en Normandie : Biométrie et génétique des populations – Bilan des études 2016-2018*. Groupe Mammalogique Normand, Région Normandie, Agence de l'Eau Seine-Normandie, Union Européenne, 78 p.+annexes.
- Van De Zande L., Van Apeldoorn R.C., Blijdenstein A.F., De Jong D., Van Delden W. & Bijlsma R. 2000. Microsatellite analysis of population structure and genetic differentiation within and between populations of the root vole, *Microtus oeconomus* in the Netherlands. *Molecular Ecology* 9: 1651-1656.