



Le Petit Léro

**Bulletin scientifique
du Groupe Mammalogique Normand**

AVRIL 2022

n°73

Encore de la musaraigne ...



***... mais aussi de la Loutre et
des campagnols aquatiques !***

ÉDITORIAL

Toutes ces dernières années, la Rédaction du *Petit Lérot* se grattait régulièrement la tête pour savoir si elle serait en mesure d'au moins publier un numéro par an, ce qui n'a malheureusement pas toujours été le cas, et voilà que ce n°73 paraît seulement un mois après la sortie de la 72^{ème} édition du bulletin scientifique du GMN. Ce contexte favorable, pour le moins inhabituel, est lié au fait que plusieurs articles en préparation, parfois de longue date, ont été finalisés récemment et quasi simultanément par leurs auteurs. La Rédaction ne peut que se réjouir de cette soudaine embellie, tout en espérant qu'elle se confirme dans la durée, ce qui semble pouvoir être le cas au vu des manuscrits potentiels déjà en réserve ou en gestation.

Le décalage temporel susmentionné est notamment illustré par l'article de Bastien THOMAS sur les campagnols du genre *Arvicola* en Normandie, qui constitue une restitution écrite de ses travaux présentés oralement dès octobre 2018 lors du 40^e Colloque francophone de Mammalogie, organisé à Caen par le GMN pour la Société Française pour l'Étude et la Protection des Mammifères (SFEPM). Dans une moindre mesure, il en va de même pour les autres articles ; ainsi, pour une question de cohérence temporelle, la précision sur l'identité taxonomique des crossopes de Miller en Normandie devait attendre que la confirmation génétique de la présence de cette musaraigne dans notre région ait été publiée dans le n°72.

Une autre originalité de ce n°73 du *Petit Lérot*, moins rassurante celle-là, réside dans le nombre restreint de contributeurs. Ainsi, les trois articles proviennent du même premier auteur, et deux d'entre eux du même deuxième auteur. On peut néanmoins supposer qu'il s'agit là d'une coïncidence exceptionnelle.

De nouveau, deux des articles figurant dans ce *Petit Lérot* illustrent l'importance du recours par le GMN aux analyses génétiques pour l'apport de connaissances nouvelles et fiables, de portée nationale, sur certaines espèces de mammifères évoluant en Normandie, qu'il s'agisse d'en préciser le statut taxonomique où la distribution géographique. Ainsi, notre association peut s'enorgueillir, en investissant dans cette approche moléculaire, d'avoir pu mettre en évidence à la fois l'allopatricité et les limites de répartition au nord de la France des deux campagnols semi-aquatiques, *Arvicola sapidus* et *Arvicola amphibius*. On peut mentionner, en insistant sur ce point, que ce travail, réalisé par un groupe régional, constitue un prolongement de l'enquête nationale sur le genre *Arvicola*, initiée et coordonnée par la SFEPM entre 2009 et 2014, illustrant ainsi la complémentarité positive entre l'association nationale et les groupes régionaux.

Comme pour chaque nouveau numéro, l'auteur de ces lignes souhaite vivement que la lecture des textes originaux figurant dans ce *Petit Lérot* n°73 rencontre votre intérêt et vous incite à écrire à votre tour.

La Rédaction

SOMMAIRE

- Nouveau statut taxonomique pour la Crossope de Miller en Normandie
B. THOMAS, C. RIDEAU & C. DUFAURE DE CITRES p. 3-5
- Bilan des cas de mortalité routière constatés chez la Loutre d'Europe (*Lutra lutra*) en Normandie depuis 2002
B. THOMAS & C. RIDEAU p. 6-13
- Les campagnols du genre *Arvicola* en Normandie : biométrie et génétique des populations
B. THOMAS p. 14-24

APPEL A CONTRIBUTIONS

Dès à présent la Rédaction lance un appel à tous les membres du GMN pour l'écriture d'articles originaux ou de courtes notes, éventuellement en se regroupant en collectifs d'auteurs, afin de compléter le n° 74 et élaborer le n° 75 du *Petit Lérot*, de façon à ce qu'au moins un de ces deux bulletins puisse encore être publié en 2022.

————— Nouveau statut taxonomique pour la Crossope de Miller en Normandie —————

Bastien THOMAS¹, Christophe RIDEAU¹ & Caroline DUFAURE DE CITRES²

Résumé

Des analyses génétiques menées sur des restes osseux de 30 musaraignes relevant du genre *Neomys* ont permis de montrer que les crossopes de petite taille vivant en Normandie appartiennent à l'espèce *N. milleri* (Mottaz 1907).

Suspectée dès la fin des années 80 sur la base de restes osseux trouvés dans des lots de pelotes de réjection récoltés dans le département de la Manche, la présence de la Crossope de Miller, *Neomys anomalus* (Cabrera, 1907) en Normandie a été confirmée pour la première fois en 1993 (Leugé *et al.* ; 1994). En 2016, des analyses génétiques effectuées pour valider la détermination de cadavres de crossopes trouvés dans plusieurs localités en Normandie ont permis indirectement de confirmer que les petites crossopes normandes appartenaient bien à *N. anomalus* (Marteau & Thomas, 2022).

Toutefois, des études génétiques récentes ont confirmé qu'il existe deux lignées distinctes au sein de *N. anomalus* en Europe, dont une lignée espagnole qui résulterait d'un isolement spécifique (Igea *et al.*, 2015). Ces mêmes auteurs proposent de considérer ces lignées comme deux espèces à part entière : *N. anomalus* (Cabrera, 1907), rattachée aux populations ibériques (à l'exception de celles du nord-est), et *N. milleri* (Mottaz, 1907) aux populations du reste de l'Europe et du Proche Orient. Plus récemment, une synthèse réalisée par Aulagnier (2019) soulève ainsi la question de l'appartenance des populations françaises de Normandie, du Massif Central et des Pyrénées à l'une ou l'autre de ces deux espèces. Il apparaissait alors pertinent de savoir à quelle lignée génétique la population normande, isolée de l'aire principale de répartition, appartient.

Pour ce faire, plusieurs échantillons de restes osseux récoltés en Normandie dans le cadre d'une étude morphologique et morphométrique réalisée en collaboration avec le Muséum National d'Histoire Naturelle (Thomas & Rideau, 2019), toujours en cours, ont fait l'objet d'une identification génétique spécifique afin de pouvoir améliorer la robustesse des critères ostéologiques utilisés pour différencier les deux espèces en Normandie, morphologiquement proches.

Au total, 30 échantillons de restes osseux identifiés comme appartenant au genre *Neomys* ont été analysés par le laboratoire ANTAGENE en 2019 et 2020. Les restes d'ADN contenus dans les échantillons ont été extraits puis amplifiés par méthode PCR³. Un séquençage de type SANGER du gène codant pour le cytochrome b de l'ADN mitochondrial a ensuite été réalisé. Les séquences obtenues ont été comparées à des banques de données de référence permettant d'aboutir à une identification spécifique, en attribuant un pourcentage d'homologie obtenu pour chaque échantillon.

Sur l'ensemble des échantillons analysés, 7 ont été identifiés comme appartenant à la Crossope de Miller dont 4 ont été comparés ultérieurement avec les séquences des lignées génétiques de référence enregistrées dans la base du NCBI⁴, comprenant pour certaines celles de Igea *et al.* (*op. cit.*), ainsi qu'avec des

¹ Groupe Mammalogique Normand, 32 Route de Pont-Audemer, 27260 Epaignes

² ANTAGENE, 6 Allée du Levant, CS 60001, 69890 La Tour de Salvagny

³ Polymerase Chain Reaction ou Réaction en Chaîne par Polymérase

⁴ National Center for Biotechnology Information (Bethesda, Maryland, USA).

séquences issues d'échantillons prélevés dans les Hautes-Alpes (Fig. 1). En retenant la proposition d'Aulagnier (*op.cit.*) d'élever la lignée de *N. anomalus milleri* au rang d'espèce *N. milleri*, ces analyses ont montré que les échantillons normands étaient bien rattachés à cette dernière. Ils seraient toutefois

génétiqnement plus proches des populations de Catalogne et de Russie que de celle des Alpes, ce qui n'est pas sans soulever la question de l'éloignement génétique des populations normandes par rapport aux autres populations françaises du Massif central, du Morvan, des Pyrénées et des Alpes.

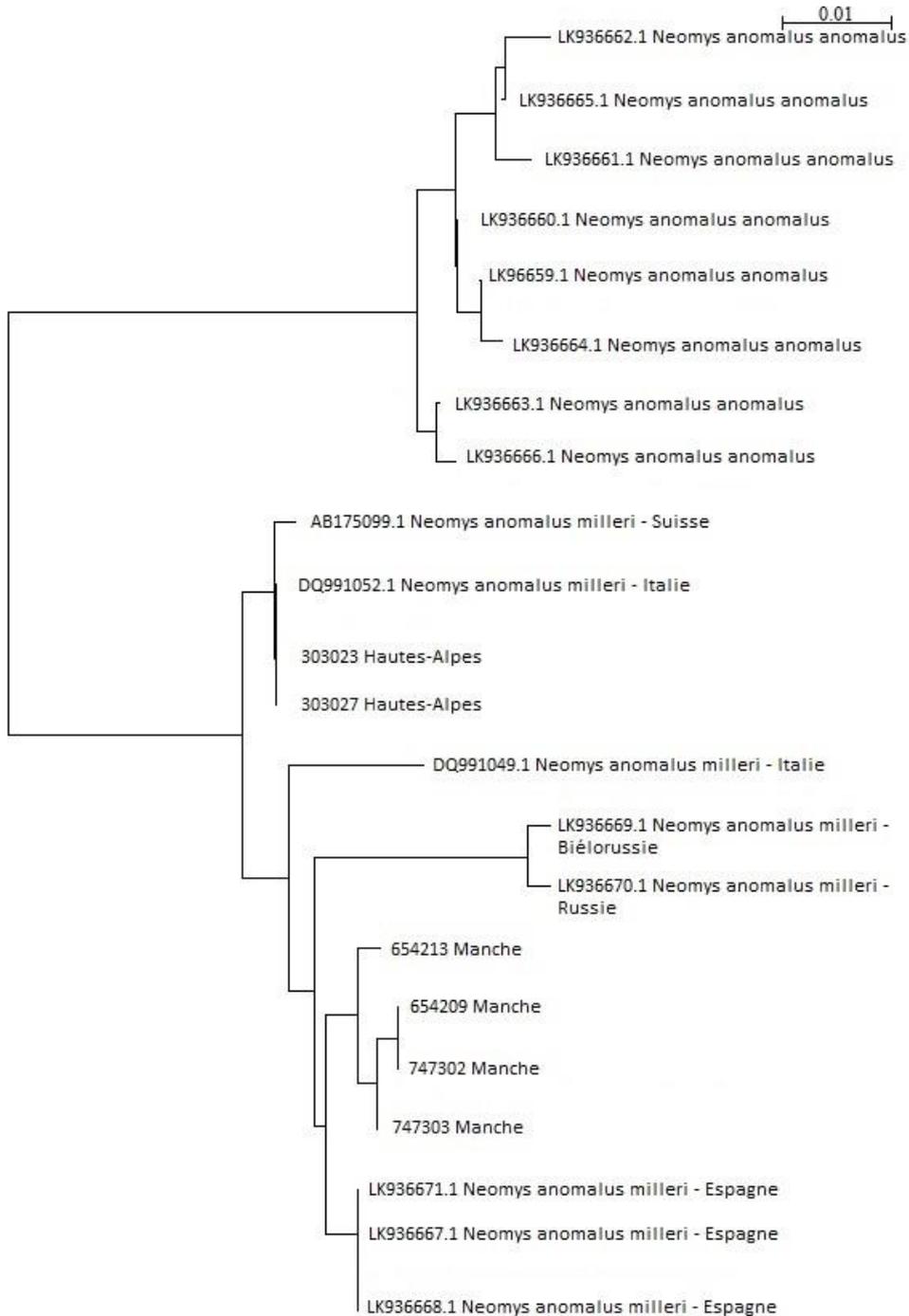
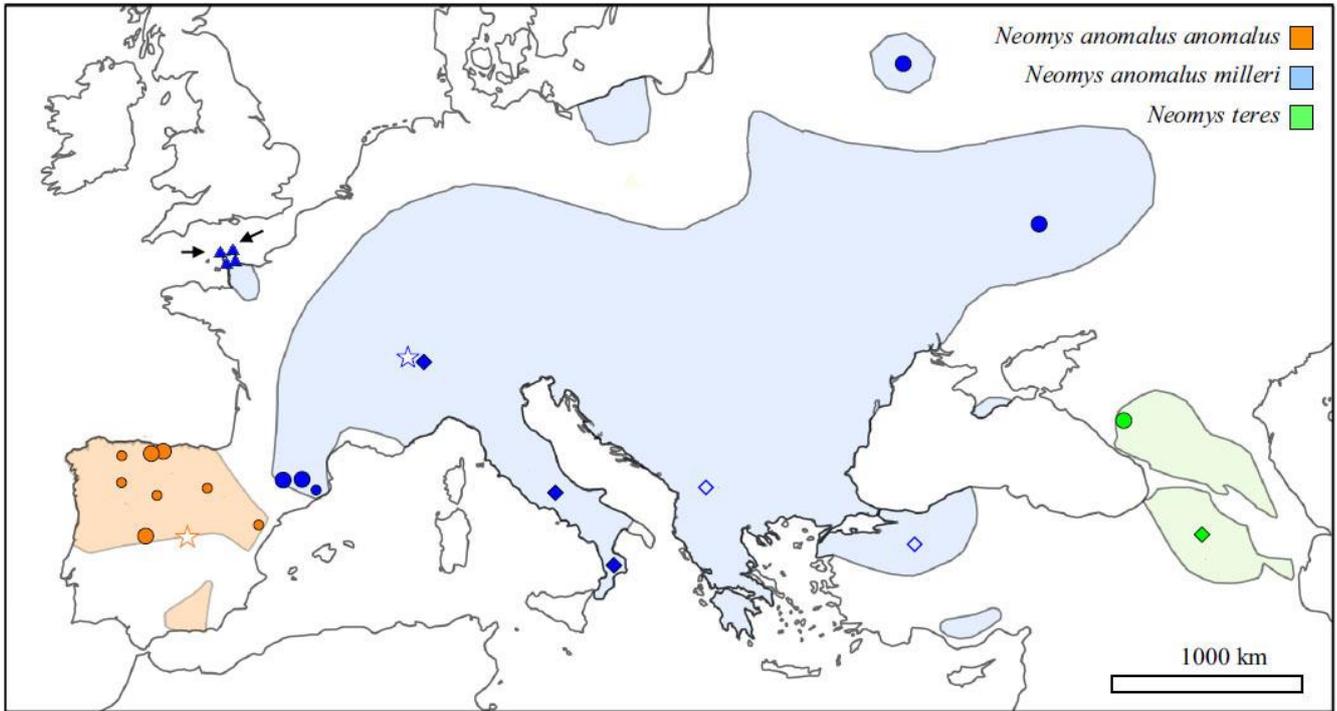


Figure 1 : Arbre phylogénétique établi par ANTAGENE à la suite des analyses génétiques réalisées sur 4 échantillons de *Neomys* récoltés en Normandie et comparés avec les échantillons de référence utilisés par Igea *et al.* (2015). Les individus espagnols de *N. milleri* proviennent de Catalogne contrairement aux autres individus espagnols de *N. anomalus* tous collectés à l'ouest et au sud de l'Espagne.

Des études génétiques portant sur l'ensemble des populations françaises de *N. milleri* permettraient d'éclaircir les relations qui existent entre elles, en recherchant les facteurs écologiques, biogéographiques et climatiques

qui déterminent leur répartition actuelle. Enfin, la présence potentielle de *N. anomalus* dans le sud-ouest de la France (centre et ouest des Pyrénées) serait à vérifier.



Carte de répartition de *Neomys anomalus anomalus*, *N. a. milleri* et *N. teres*, tirée et légèrement modifiée de Igea *et al.* (2015). Les zones de distribution proviennent du site internet de la Liste Rouge des Espèces Menacées de l'UICN, modifiées par les résultats des analyses génétiques de Igea *et al.* (*op. cit.*). Les localités type de *N. a. anomalus* (San Martín de la Vega, Madrid, Espagne) et *N. a. milleri* (Chesières, Alpes Vaudoises, Suisse) sont représentées par une étoile. Les échantillons identifiés comme appartenant à *N. milleri* en Normandie, provenant de Catteville, La Pernelle, Le Vast et Gréville-Hague, dans le nord-Cotentin, sont indiqués par des triangles bleus et signalés par des flèches. Les autres symboles correspondent à la localisation des échantillons analysés dans le cadre de l'étude génétique de Igea *et al.* (*op. cit.*). Pour plus de précisions sur les éléments de légende, se référer à la publication originale.

Bibliographie

AULAGNIER, S. (2019) - Deux ou trois espèces de *Neomys* en France ? *Arvicola* **21** : 1.

IGEA, J., AYMERICH, P., BANNIKOVA, A.A., GOSÁLBEZ, J. & CASTRESANA, J. (2015) - Multilocus species trees and species delimitation in a temporal context: application to the water shrews of the genus *Neomys*. *BMC Evol Biol*, **15** : 209-225.

LEUGÉ, F., LÉBOULENGER, F. & MASSON, D. (1994) – Présence de la Crossope de Miller, *Neomys anomalus* (Cabrera 1907)

(Insectivora, Soricidae), dans le Cotentin. *Mammalia*, **58**(3) : 500-504.

THOMAS, B. & RIDEAU, C. (2019) – Identification de la Crossope aquatique (*Neomys fodiens*) et de la Crossope de Miller (*Neomys anomalus*) en Normandie à partir de restes osseux : Génétique, Biométrie et Morphométrie géométrique. Bilan des études 2016-2019. Groupe Mammalogique Normand, Agence de l'Eau Seine-Normandie, 60p.

Bilan des cas de mortalité routière constatés chez la Loutre d'Europe (*Lutra lutra*) en Normandie depuis 2002

Bastien THOMAS & Christophe RIDEAU

Introduction

Autrefois piégée et chassée pour sa fourrure et par volonté d'éradiquer l'espèce accusée à tort de vider les rivières, la Loutre d'Europe (*Lutra lutra*) a fortement régressé dans toute l'Europe au cours du 20^{ème} siècle (Kuhn & Jacques, 2011). Depuis la protection intégrale de l'espèce en 1981, les collisions routières représentent la principale cause de mortalité enregistrée en Europe (Green & Green, 1997 ; Hauer *et al.*, 2002 ; Sommer *et al.*, 2005 ; Jancke & Giere, 2011). Lafontaine (1991) soulevait déjà l'importance de cette menace au début des années 1990 et estimait que les collisions avec des véhicules représentaient chaque année 5% des cas de mortalité en France. De la même façon, Kubasch (1992) estimait ce chiffre à 10% pour la population de la Saxe en Allemagne.

Parmi les bilans réalisés sur la récolte et la valorisation des cadavres de Loutre en Europe, ceux résultant de collisions routières représentent les proportions les plus importantes : ils atteignent 70% des cadavres récoltés en Allemagne (Hauer *et al.*, 2002), 77% en France (Rosoux & Tournebize, 1995) et 87% aux Pays-Bas (Koelewijn *et al.*, 2010).

Situation actuelle de l'espèce en Normandie

La répartition de la Loutre en Normandie a considérablement évolué au cours du 20^{ème} siècle. Gadeau de Kerville (1888) la citait comme « commune » à la fin du 19^{ème} siècle en Normandie alors qu'elle était considérée comme rare et localisée un siècle plus tard dans le premier atlas de répartition des mammifères sauvages de Normandie (GMN, 1988).

En France, ce sont plus de 200 cas qui ont été recensés en une trentaine d'années en Bretagne (GMB, 2015) et 121 cas entre 2000 et 2008 en Vendée (Texier & Varenne, 2009).

Les cadavres sont en majorité trouvés aux intersections des routes et du réseau hydrographique (Philcox *et al.*, 1999 ; Grogan *et al.*, 2001 ; Körbel, 2001 ; Jancke & Giere, 2011) où les individus quittent le cours d'eau pour traverser la route plutôt que d'emprunter l'ouvrage par la voie aquatique. Les effets « tunnel » et « entonnoir » créés à l'entrée d'un ouvrage, plus particulièrement en période de crues, sont dans la plupart des cas responsables du choix des animaux à privilégier la voie terrestre.

Avant la redécouverte de la présence de la Loutre dans la région en 2002 (Brosse, 2002), le dernier cas de mortalité routière documenté remonte à l'hiver 1987-1988 où un mâle adulte avait été retrouvé près de Picauville/50 (Elder, 1988), vraisemblablement sur la commune de Chef-du-Pont/50. Cet article propose une synthèse des cas de mortalité routière de Loutre constatés en Normandie depuis 2002.

Malgré les prospections réalisées dans le cadre de l'enquête menée de 1991 à 2002 pour la réalisation du second atlas de répartition des mammifères sauvages de Normandie, seule une observation de Loutre fut mentionnée dans les marais de Carentan en 1992 (GMN, 2004). Un déclin généralisé de l'espèce s'est produit sur l'ensemble de la région, conduisant à son extinction dans l'ex Haute-Normandie, bien

que l'espèce fût protégée à partir de 1981. Ce n'est qu'en 2002 qu'un nouvel espoir est survenu avec la découverte d'indices de présence sur le cours de l'*Orne*, dans le secteur de Putanges (61) (Brosse, 2002 & 2004), suscitant un nouvel engouement pour la recherche de l'espèce chez les naturalistes normands.

Par la suite, des indices de présence ont été découverts sur d'autres cours d'eau pour lesquels une partie d'entre eux semblaient avoir été récemment colonisés. C'est ainsi qu'entre 2015 et 2017, l'espèce était présente sur les bassins versants de la *Vire* (Cheyrezy, 2012, Hesnard, 2015), de l'*Aure* inférieure, de la *Saire*, de la *Seulles* (GMN, 2014), du

Couesnon, de la *Sélune*, de la *Mayenne*, de la *Sarthe*, de la *Risle* (Le Guen, 2021) et dans les marais du Cotentin et du Bessin (Rideau & Biegala, 2012 ; Hesnard, 2012 ; Lecaplain, 2013). Sa présence permanente sur certains bassins versants ne semble toutefois pas acquise puisqu'en 2021, seuls les bassins versants de l'*Orne*, de la *Sarthe*, de la *Mayenne* et du *Couesnon* semblaient encore fréquentés. Il apparaît indispensable de mieux comprendre les facteurs pouvant expliquer cette régression récente consécutive à une phase d'expansion. La surmortalité engendrée par les collisions routière pourrait constituer un des éléments d'explication si l'on considère la fragilité de la population normande.

Données disponibles

Au total, 8 données correspondant à des collisions routières sont connues en Normandie depuis le début des années 2000 (Figure 1), dont deux ne pouvant pas être confirmées formellement en l'absence de photos mais considérées comme plausibles et très probables d'après les descriptions faites par les observateurs. Pour celles ayant fait l'objet d'une confirmation, les cadavres ont pour la plupart été photographiés, certains décrits et parfois conservés en vue d'une autopsie ultérieure.

Les informations relatives à l'âge et au sexe des animaux sont lacunaires car trois cadavres n'ont pas été photographiés, ni sexés sur le terrain, ni récoltés. Quatre des cinq individus examinés étaient des mâles, trois adultes et un juvénile. Le cinquième était dans un état de putréfaction avancé sans possibilité de le sexer et d'évaluer son âge (Tableau 1).

La première mention du 21^{ème} siècle correspond à un individu trouvé à Rocheville (50), dans le Cotentin, sur un petit affluent de la *Douves* le 5 décembre 2011 par des techniciens de la FDGDON¹ (Rideau & Biegala, 2012). L'examen de ce cadavre a montré qu'il s'agissait d'un mâle adulte, âgé probablement de plus de 3 ans au regard de l'usure de ses dents, mesurant environ 1,07 m et pesant entre 10,3 et 10,4 kg. Cette découverte, au nord des marais du Cotentin et du Bessin à un moment où l'espèce n'y était pas connue, est à l'origine de nouvelles recherches réalisées par la suite dans l'ensemble du département où de nouveaux secteurs de présence ont été mis en évidence.

Le deuxième cadavre a été découvert le 11 octobre 2013 à Sevrai (61), près d'Argentan, par un agent de l'Office Français de la Biodiversité. Il s'agissait d'un mâle adulte ou subadulte mesurant environ 1,06 m et pesant 6 kg.

¹ Fédération Départementale des Groupements de Défense contre les Organismes Nuisibles

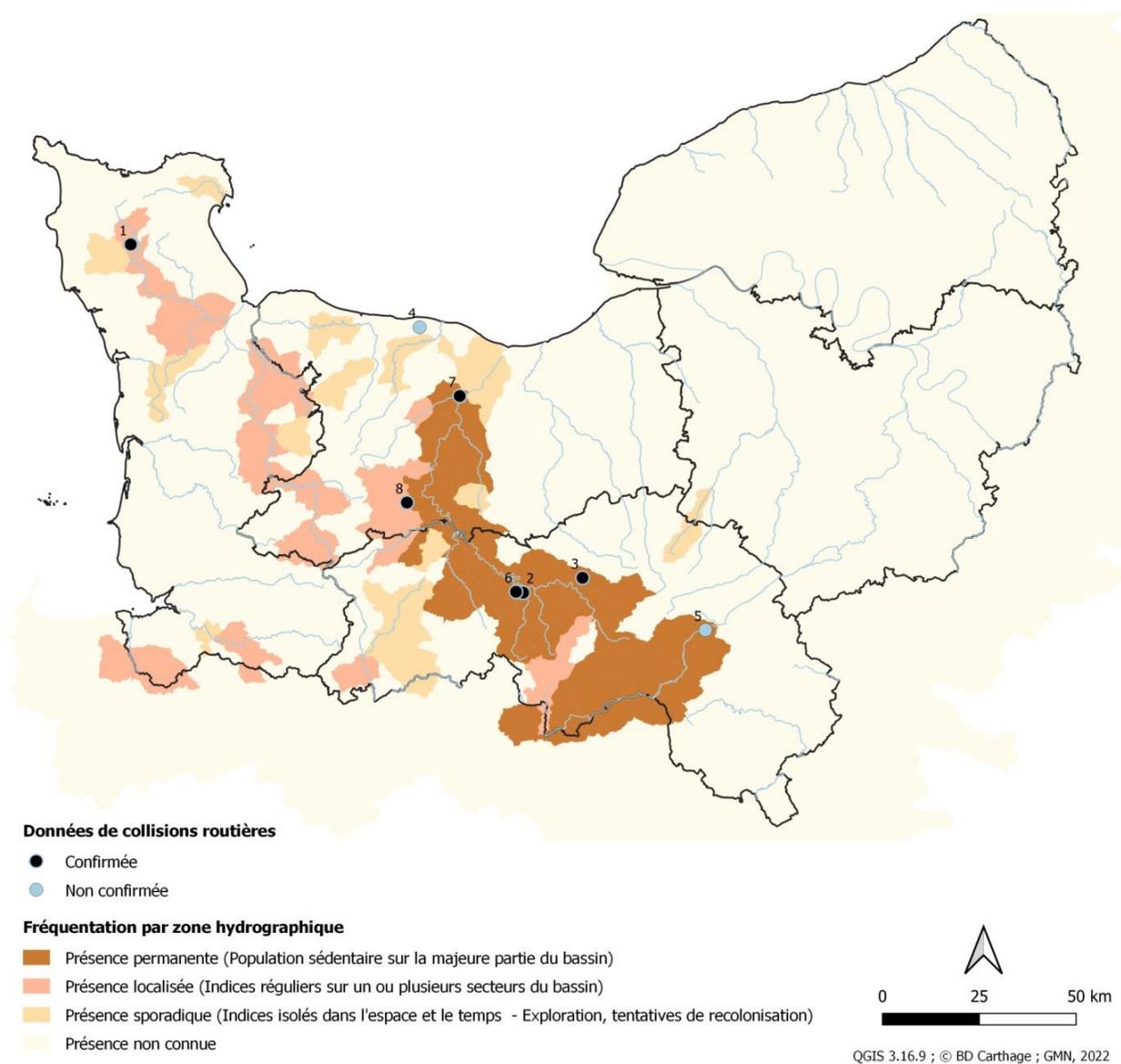


Figure 1 : Localisation des données de collisions routières de Loutre d'Europe enregistrées en Normandie depuis 2002 et répartition par zones hydrographiques pour la période 2011-2022

Tableau 1 : Informations relatives aux données de collisions routières récoltées pour la Loutre en Normandie depuis le début des années 2000

Identifiant	Date de découverte	Département	Commune	Age	Sexe	Confirmation
1	05-12-2011	Manche	Rocheville	Adulte	Mâle	Oui
2	11-10-2013	Orne	Sevrai	Adulte?	Mâle	Oui
3	25-12-2013	Orne	Silly-en-Gouffern	Adulte	Mâle	Oui
4	15-06-2014	Calvados	Crepon	?	?	Non
5	31-05-2019	Orne	Saint-Martin-des-Pezerits	?	?	Non
6	12-11-2019	Calvados	Saint-Pierre-la-Vieille	Juvenile	Mâle	Oui
7	01-01-2021	Orne	Saint-Ouen-sur-Maire	?	?	Oui
8	06-07-2021	Calvados	Caen	Adulte?	?	Oui

Au cours de la même année, un individu a été percuté à Silly-en-Gouffern (61) le 25 décembre 2013 par la voiture du capitaine de la gendarmerie d'Argentan. L'identification a été confirmée par un agent de l'OFB. Il s'agissait d'un mâle adulte de 1,07 m pesant 9,8 kg.

L'année suivante, un cadavre aurait été observé en juin 2014 à Crépon, dans le Calvados, à proximité des marais de Ver et Graye-sur-Mer. Transmise deux mois plus tard et sans aucune photo, cette information n'a pas pu être confirmée mais pourrait corroborer l'hypothèse d'une colonisation de la vallée de la *Seulles* par un individu erratique où les seules données de présence ont été trouvées pour la première et unique fois au cours de la même année (GMN, 2014) avant ce signalement.

Plus récemment, un cadavre dont la description faite par l'observateur correspondait très probablement à une Loutre, aurait été découvert le 31 mai 2019 à Saint-Martin-des-Pezerits/61 près d'un ouvrage d'art enjambant la *Sarthe* où la présence de l'espèce est connue.

La même année, un jeune mâle a été découvert le 12 novembre 2019 à Saint-Pierre-la-Vieille dans le Calvados (Figure 2) par l'agent communal de Saint-Rémy-sur-Orne qui effectuait sa tournée matinale à proximité d'un petit ruisseau temporaire affluent de la *Druance* où l'espèce est présente. Au regard de l'âge de l'individu et de la période de découverte du cadavre, il s'agissait vraisemblablement d'un juvénile à la recherche d'un nouveau territoire non occupé par d'autres congénères.



Figure 2 : Cadavre d'un loutron mâle découvert le 12/11/2019 à Saint-Pierre-la-Vieille (14) (©OFB)

Le 1^{er} janvier 2021 une loutre est trouvée à Saint-Ouen-sur-Maire (61) par une technicienne de rivière dont l'identification est confirmée sur place par un agent de l'OFB. La localisation de cette collision sur la *Maire*, affluent de l'*Orne*, à une distance d'environ 1 km en amont de la confluence, est proche

(moins de 2 km) de celle notée à Sevrai en octobre 2013. Le cadavre n'a été ni photographié ni récolté et avait disparu lorsqu'un intervenant du GMN a pu se rendre sur les lieux.

Le dernier cas de collision constaté en Normandie correspond à un cadavre trouvé à Caen sur un pont enjambant l'Odon le 6 juillet 2021 (Thomas, 2021) (Figure 3). L'état de décomposition avancée de l'individu laissait supposer à une mort survenue environ deux semaines plus tôt, ce qui correspondait à des

phénomènes orageux ayant induit de fortes précipitations et une élévation importante du niveau de la plupart des grands cours d'eau du Calvados. Malgré l'état de décomposition, la taille des restes d'une patte postérieure et la date de découverte du cadavre plaident plutôt en faveur d'un individu adulte.



Figure 3 : Cadavre de Loutre trouvé au niveau de l'ouvrage d'art départemental de la D405 sur l'Odon à Caen, le 6 juillet 2021

Discussion

Le premier constat émanant de ce bilan est le faible nombre de découvertes réalisées au cours des vingt dernières années, qui peut s'expliquer par la faible densité de population de l'espèce dans la région. En Italie, Fusillo *et al.* (2022) expliquent le faible nombre de cadavres découverts par une population de petite taille, estimée à moins de 1 000 individus (Rondinini *et al.*, 2013). En Normandie, la taille de la population lutrine a été évaluée à moins de deux cent cinquante individus dans le cadre de la réalisation de la liste rouge régionale des mammifères menacés (Rideau, à paraître). Le nombre réel d'individus victimes de collisions routières en Normandie reste très probablement sous-estimé.

Dans certains secteurs, la surmortalité occasionnée par ces collisions routières peut considérablement affaiblir la "population locale" dès lors qu'elle n'est composée que de quelques individus, d'autant plus pour des bassins versants récemment recolonisés. Bien que la donnée de Crépon n'ait pas pu être confirmée, elle pourrait toutefois expliquer la disparition des indices de présence sur le bassin de la *Seulles* la même année. La plupart des données correspondaient à des individus trouvés sur le bassin versant de l'*Orne* où la densité de population est la plus élevée à l'échelle de la région.

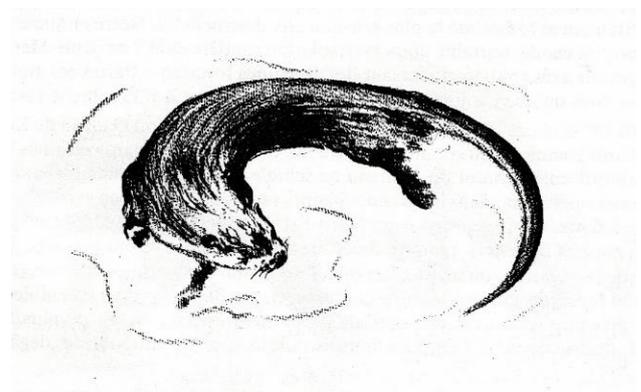
À l'exception du cadavre trouvé à Caen au mois de juillet, les individus identifiés formellement ont été signalés à des dates comprises entre le 11 octobre et le 1^{er} janvier, ce qui est à rapprocher des observations faites en Italie par Fusillo *et al.* (2022), qui mentionnent que 75% des mortalités routières sont survenues entre septembre et décembre, et en Vendée où le plus grand nombre de collisions intervient de novembre à janvier (Texier *et al.*, 2010), très probablement en lien avec l'augmentation des niveaux d'eau. *A contrario*, le printemps constitue la période où le plus grand nombre de cas est recensé en Bretagne (Simonet, 2007). Les individus percutés en automne et en hiver seraient souvent des juvéniles récemment émancipés et en phase de dispersion pour rechercher un territoire libre, comme c'était peut-être le cas pour le juvénile de Saint-Pierre-la-Vieille.

Les données biologiques recueillies sont très lacunaires mais seuls des mâles ont été identifiés et pourraient être plus impactés en région que les femelles, à l'instar de ce qui a été constaté en Bretagne où les mâles représentent 63% des individus morts de collision routière (Simonet, 2007). *A contrario*, en Angleterre, aux Pays-Bas et en Vendée, le sex-ratio est plutôt équilibré (Philcox *et al.*, 1999 ; Koelewijn *et al.*, 2010, Texier *et al.*, 2010) Parmi les individus pour lesquels l'âge a pu être évalué, deux étaient des adultes et un seul était un juvénile. La proportion de juvéniles atteint la moitié des cadavres victimes de collisions routières en Italie (Fusillo *et al.*, 2022), 40% pour ceux âgés de 2 à 4 ans. Aux Pays-Bas, 54% correspondaient à des subadultes (Koelewijn *et al.*, 2010).

La majorité des cas de mortalité routière recensés en région semblent résulter de phénomènes d'élévation des niveaux d'eau incitant les individus à privilégier la voie

terrestre pour passer un ouvrage. Philcox *et al.* (1999) ont ainsi montré que le nombre de cadavres était corrélé aux saisons de fortes pluies, et donc de crues, comme le confortent la plupart des cas enregistrés en Normandie. D'autres éléments peuvent expliquer la localisation de certaines collisions, notamment l'attractivité pour la ressource alimentaire qu'ils peuvent représenter pour l'espèce. Ainsi, d'après Jancke & Giere (2011), 68% des individus morts par collision routière en Allemagne étaient localisés à moins de 200m de plans d'eau, ce qui était le cas pour l'individu de Silly-en-Gouffern.

Face au constat assez inquiétant de régression des populations en Normandie depuis 2017, il apparaît indispensable d'intensifier les programmes de diagnostic d'ouvrages d'art afin de cibler ceux présentant les risques de mortalité les plus élevés. Des propositions d'aménagement au cas par cas peuvent alors être suggérées par les naturalistes aux services routiers compétents (DIRNO¹, Conseils départementaux, ECPI², etc.) et vont des simples réflecteurs aux banquettes en béton en escalier. Pour les cas de mortalité précédemment décrits, plusieurs ouvrages d'art ont fait ou feront prochainement l'objet d'un aménagement spécifique en faveur de la Loutre : celui de Sevrai a été équipé d'une banquette et celui de Caen enjambant l'*Odon* devrait être aménagé en 2022.



¹ Direction Interdépartementale des Routes du Nord-Ouest

² Etablissement Public de Coopération Intercommunale

Conclusion

Seule l'amélioration des continuités écologiques passant par la perméabilité de l'ensemble des ouvrages traversés par les routes les plus empruntées permettra de limiter les

risques de collisions routières et la régression de l'espèce, pour laquelle ce facteur est considéré comme la principale cause de mortalité en Europe.

Bibliographie

- BROSSE, X. (2002) – La Loutre en Suisse normande : présence confirmée ! *Le Petit Lérot*, 59 : 5-7.
- BROSSE, X. (2004) – La Loutre d'Europe (*Lutra lutra*) sur la moyenne vallée de l'Orne : utilisation du réseau hydrographique, tendance évolutive, menaces et facteurs limitants CPIE des collines normandes.
- CHEYREZY, W., CHEYREZY, T. & CHEYREZY, J. (2012) - La Loutre d'Europe (*Lutra lutra*) en vallée de la Vire, nouvelles données fin 2011 - début 2012. *Le Petit Lérot*, **65** : 18-21.
- ELDER, J.-F. (1988) – Confirmation de la présence de la Loutre d'Europe dans le département de la Manche. *Le Petit Lérot*, **26** : 7.
- FUSILLO, R., ROMANUCCI, M., MARCELLI, M., MASSIMINI, M. & DELLA SALDA, L. (2022) - Health and Mortality Monitoring in Threatened Mammals : A First Post Mortem Study of Otters (*Lutra lutra* L.) in Italy. *Animals*, **12**, 609.
- GREEN, R. & GREEN, J. (1997) - Otter survey of Scotland 1991–1994. The Vincent Wildlife Trust, London.
- GROGAN, A., PHILCOX, C. & MACDONALD, D. (2001) - Nature conservation and roads: Advice in relation to otters. Report for the Highways Agency on the impact of roads and road construction on the otter in the United Kingdom. The Wildlife Conservation Research Unit, Oxford.
- GRUPE MAMMALOGIQUE BRETON (2015) – Atlas des mammifères de Bretagne. Coord. F. SIMMONET, Ed. Locus Solus, Lopérec (29), 304p.
- GRUPE MAMMALOGIQUE NORMAND (1988) - Les Mammifères sauvages de Normandie : Statut et Répartition. GMN Ed., 276p.
- GRUPE MAMMALOGIQUE NORMAND (2004) - Les Mammifères sauvages de Normandie : Statut et Répartition. 2ème éd., GMN Ed., 306 p.
- GRUPE MAMMALOGIQUE NORMAND (2014) – Découverte de la Loutre sur la Seulles (Calvados). *Le Petit Lérot*, **67** : 8.
- HAUER, S., ANSORGE, H. & ZINKE, O. (2002) - Mortality patterns of otters (*Lutra lutra*) from eastern Germany. *Journal of Zoology, London*, **256**, 361–368.
- HESNARD, O. (2012) – Indices de Loutre dans les marais du Cotentin. *Le Petit Lérot*, **65** : 23-24.
- HESNARD, O. (2015) – Suivi bisannuel de la Loutre d'Europe sur le bassin de la Vire – campagne 2015. CPIE des Collines Normandes, DREAL de Basse-Normandie. 25 p. + annexes.
- HESNARD, O. (2020) – Suivi de la Loutre d'Europe sur le bassin versant de la Vire. CPIE des Collines Normandes, Agence de l'Eau Seine-Normandie, 31p.
- JANCKE, S. & GIÈRE, P. (2011) - Patterns of otter *Lutra lutra* road mortality in a landscape abundant in lakes. *European Journal of Wildlife Research*, **57**: 373–381.
- KOELEWIJN, H.P., PÉREZ-HARO, M., JANSMAN, H.A.H., BOERWINKEL, M.C., BOVENSCHEN, J., LAMMERTSMA, D.R., NIEWOLD, F.J.J. & KUITERS, A.T. (2010) - The reintroduction of the Eurasian otter (*Lutra lutra*) into the Netherlands: hidden life revealed by noninvasive genetic monitoring. *Conservation Genetics*, **11**: 601–614.

- KÖRBEL, O. (2001) - Vermeidung der durch den Straßenverkehr bedingten Verluste von Fischottern (*Lutra lutra*). *Forsch Straßenbau und Straßenverkehrstechnik*, **805**: 1–58.
- KRUUK, H. & CONROY, J.W.H. (1991) - Mortality of Otters (*Lutra lutra*) in Shetland. *The Journal of Applied Ecology*, **28**, 83.
- KUBASCH, H. (1992) - Otterschutz in Sachsen. Otterschlut in Deutschland (ed. C. Reuther). *Habitat*, **7** : 109-112.
- KUHN, R., JACQUES, H. (2011) - La Loutre d'Europe *Lutra lutra* (Linnaeus, 1758). Encyclopédie des Carnivores de France n°8. Société Française pour l'Etude et la Protection des Mammifères, Nort-sur-Erdre, 72p.
- LAFONTAINE, L. (1991) - La loutre et la route. Groupe Mammalogique Breton, DRAE-Bretagne, PNR d'Armorique, Société Française pour l'Etude et la Protection des Mammifères. 115 p.
- LECAPLAIN, B. (2013) - Site Natura 2000 – Directive Habitats Marais du Cotentin et du Bessin – Baie des Veys FR2500088 - Site Natura 2000 – Directive Oiseaux Basses vallées du Cotentin et du Bessin– Baie des Veys FR2510046 - Site Natura 2000 – Directive Habitats Coteaux calcaires et anciennes carrières de La Meauffe, Cavigny, Airel FR2502012 - Suivis et études scientifiques 2012. PNR des Marais du Cotentin et du Bessin / DREAL / FEADER, 114 p.
- LE GUEN, A. (2021) – Programme Loutre sur la Risle 2018-2020. Groupe Mammalogique Normand, AESN, 67 p.
- PHILCOX, C.K., GROGAN, A.L. & MACDONALD, D.W. (1999) - Patterns of Otter *Lutra lutra* Road Mortality in Britain. *Journal of Applied Ecology*, **36**, 748–762.
- RIDEAU, C. & BIEGALA, L. (2012) – Découverte d'une Loutre *Lutra lutra* victime d'une collision routière dans le Cotentin. *Le Petit Lérot*, **65** : 22-23.
- RONDININI, C., BATTISTONI, A., PERONACE, V. & TEOFILI, C. (2013) - Lista Rossa IUCN dei Vertebrati Italiani; Comitato Italiano IUCN e Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare: Roma, Italia.
- ROSOUX, R. & TOURNEBIZE, T. (1995) - Analyse des causes de mortalité chez la loutre d'Europe (*Lutra lutra*) dans le Centre-Ouest Atlantique (France). In La Loutre et le Vison d' Europe (eds. J.Y. Gautier, R. Libois & R. Rosoux), *Cahiers d'Ethologie*, **15** : 337-350.
- SIMONNET, F. (2007) - Mortalité routière chez la Loutre d'Europe en Bretagne. *Mammi'Breizh*, **13**, supplement spécial : 1-4.
- SOMMER, R., GRIESAU, A., ANSORGE, H. & PRIEMER, J. (2005) - Daten zur Populationsökologie des Fischotters *Lutra lutra* (Linnaeus, 1758) in Mecklenburg-Vorpommern. Beitr zur Jagd- & Wildforschung, **30** : 253–271
- TEXIER, A. & VARENNE, F. (2009) - La Loutre d'Europe. In : Mammifères, Amphibiens et Reptiles prioritaires en Pays de la Loire, Marchadour B. (coord.), Coordination régionale LPO Pays de la Loire/Conseil Régional des Pays de la Loire, pp 50-51.
- TEXIER, A., VARENNE, F., PAILLAT, J.-P., DUPE, C., & SUDRAUD, J. (2010) - Bilan de 9 années de suivi de la mortalité routière de la Loutre d'Europe en Vendée. Poster, 32e Colloque Francophone de Mammalogie de la SFEPM, 9, 10 et 11 octobre 2009 à Morlaix (29).
- THOMAS, B. (2021) – Inventaire des mammifères semi-aquatiques des Espaces Naturels Sensibles du Calvados. Groupe Mammalogique Normand, Conseil Départemental du Calvados, 93p.



**Les campagnols du genre *Arvicola* en Normandie :
biométrie et génétique des populations**

Bastien THOMAS

Mots-clés : *Arvicola sapidus* – *Arvicola amphibius* – Piégeage – ADN – Biogéographie

Introduction

Pendant longtemps, la vallée de la *Somme* en Picardie (80) fut considérée comme la limite naturelle d'aire de répartition des populations du Campagnol amphibie (*Arvicola sapidus*), à l'ouest, et du Campagnol aquatique¹ (*Arvicola amphibius*), à l'est (Saint Girons, 1973 ; Le Louarn & Saint Girons, 1977 ; Bas, 1998). Toutefois, du fait de la découverte d'un crâne caractéristique dans un lot de pelotes d'Effraie provenant de l'église de Nesle-Normandeuse (76), commune bordée par la *Bresle* qui marque la limite entre la Normandie et la Picardie, le Campagnol aquatique avait été considéré comme présent en région normande et avait fait l'objet d'une monographie dans la première édition de l'Atlas des Mammifères sauvages de Normandie (GMN, 1988) ; il y était précisé que « *La découverte d'autres exemplaires, et surtout la capture d'individus, devraient permettre de préciser les limites d'extension de cette espèce en Seine-Maritime, où elle est probablement confinée aux abords de la Bresle* ». Cependant, aucune nouvelle donnée n'ayant été apportée par la suite, il a été conclu – un peu rapidement il est vrai – que l'effraie de Nesle-Normandeuse était allée chasser sur la rive droite de la *Bresle* et que le Campagnol aquatique était absent de Normandie (GMN, 2004), et ceci jusqu'à la confirmation génétique récente en 2011 de la présence en Normandie d'*A. amphibius* (Biegala, Poirier & Dejean, 2013).

Au regard des difficultés liées à l'identification des deux espèces de campagnols aquatiques, il est apparu indispensable d'apporter de nouveaux éléments permettant d'affiner leur distribution en limite de leur aire de répartition. En l'état actuel des connaissances, la longueur du pied postérieur serait le seul critère permettant, dans la plupart des cas, d'identifier les deux espèces (Quéré & Le Louarn, 2011 ; Aulagnier *et al.*, 2013, Rigaux, 2015). Cette mesure nécessite toutefois de capturer les individus, contrairement aux méthodes d'analyses génétiques moins invasives, qui permettent une identification à partir de restes d'ADN contenus dans les fèces.

Cette synthèse, non exhaustive, présente les résultats d'une étude génétique et biométrique menée en Normandie depuis la confirmation de la présence d'*A. amphibius*. Les objectifs étaient de mieux connaître la répartition des deux espèces en région, de tester la fiabilité de la longueur du pied postérieur comme critère d'identification et de détecter d'éventuelles différences biométriques entre des populations éloignées d'*A. sapidus*.



¹ Suite à des études génétiques récentes ayant montré que la forme fouisseuse et la forme aquatique d'*A. terrestris* ne formaient pas des clades séparés (Chevret *et al.* 2020), une mise à jour taxonomique a été effectuée. Ainsi *A.*

terrestris est désormais remplacé par *A. amphibius* qui porte le nom vernaculaire de « Campagnol aquatique » (Aulagnier & Haffner, 2019).

Matériels et méthodes

Zone d'étude

L'étude a essentiellement été réalisée près de la limite entre la Picardie et la Normandie, à l'est du département de la Seine-Maritime sur les têtes de bassins versants du Pays de Bray ainsi que sur plusieurs fleuves côtiers situés respectivement d'est en ouest : la *Bresle*, l'*Yères*, l'*Eaulne*, la *Béthune* et la *Varenne*. Un autre secteur concernait l'ouest de la Normandie dans les marais du Cotentin et du Bessin afin de déceler d'éventuelles différences biométriques entre des populations géographiquement éloignées.

Echantillonnage des fèces et analyses génétiques

Cette technique, non invasive et basée sur la recherche d'ADN rare contenu dans les cellules épithéliales présentes à la surface des fèces, s'est avérée la plus appropriée pour affiner les aires de répartition des campagnols du genre *Arvicola* en Normandie. Seules des fèces fraîches ont été recherchées dans les habitats les plus favorables à ces espèces (cours d'eau lents, fossés, mares, prairies humides, etc.) puis échantillonnées. Leur conservation jusqu'à envoi au laboratoire a été assurée dans des piluliers contenant du gel de silice permettant de fixer durablement l'ADN.

Suite à la confirmation génétique de la présence d'*A. amphibius* en 2011 (Biegala, Poirier & Dejean, 2013), un premier échantillonnage de 74 stations a été initié en 2012 (Thomas, 2012) sur l'ensemble de la Normandie orientale (Figure 1). Un second a été réalisé en 2013 sur 26 stations localisées à l'est de la Seine-Maritime qui représentait la limite supposée d'aire de répartition des deux espèces. Enfin, deux autres échantillonnages ont été

menés dans le même secteur et sur les têtes de bassins du pays de Bray, en 2016 et 2017 avec respectivement 25 et 20 échantillons. Les stations retenues étaient généralement distantes de quelques kilomètres.

Les analyses génétiques ont été réalisées par le laboratoire SPYGEN ou le laboratoire de Génétique de la Conservation de l'université de Liège (Belgique). Pour cela, l'ADN de chaque échantillon a été extrait puis amplifié grâce à une réaction en chaîne par polymérase (PCR). L'ADN a ensuite été séquencé et les séquences obtenues ont été comparées avec d'autres séquences de référence disponibles dans des bases de références internationales (Genbank®, BOLD, etc.), ou propres au laboratoire d'analyse. Un pourcentage de similarité a été établi pour chaque échantillon : l'identification était considérée comme fiable lorsque la valeur était proche de 100.

Biométrie

Pour tester la fiabilité de la longueur du pied postérieur comme critère d'identification des deux espèces de campagnols aquatiques en Normandie, des captures par piégeage ont été nécessaires. Celles-ci s'avérant invasives et lourdes à mettre en place, elles ne doivent être utilisées que lorsqu'aucune méthode alternative ne permet de répondre aux problématiques initiales. De plus, la capture du Campagnol amphibie a nécessité une dérogation à la législation sur les espèces protégées délivrée au GMN par la DREAL Normandie².

Au préalable, une phase de repérage était indispensable pour le choix des sites de capture. Chaque site a fait l'objet d'une seule opération de capture. Le piégeage a été réalisé avec environ 80 ratières pliantes de type BTTm™

² Bien que très proche du Campagnol amphibie, aux plans morphologique et écologique, le Campagnol aquatique ne dispose d'aucun statut légal et n'est donc pas protégé.

appâtées à l'aide de morceaux de pommes et/ou de carottes et disposées près de l'eau au niveau des coulées, entrées de terriers, réfectoires et crottières. Elles ont été contrôlées matins et soirs pour limiter le risque de mortalité. Leur nombre dépendait du linéaire de berges favorables occupées. Toutes les captures se sont déroulées entre 2016 et 2018 pendant la période de

reproduction, d'avril à octobre (Strachan & Moorhouse, 2006 ; Rigaux, 2015). En tout, 36 sites de captures ont été retenus, dont 27 localisés à l'est de la Seine-Maritime et 9 en Normandie occidentale (Calvados et Manche) (Figure 1), représentant un total de 3427 nuits-pièges³ et 7625 m de linéaire de berges.

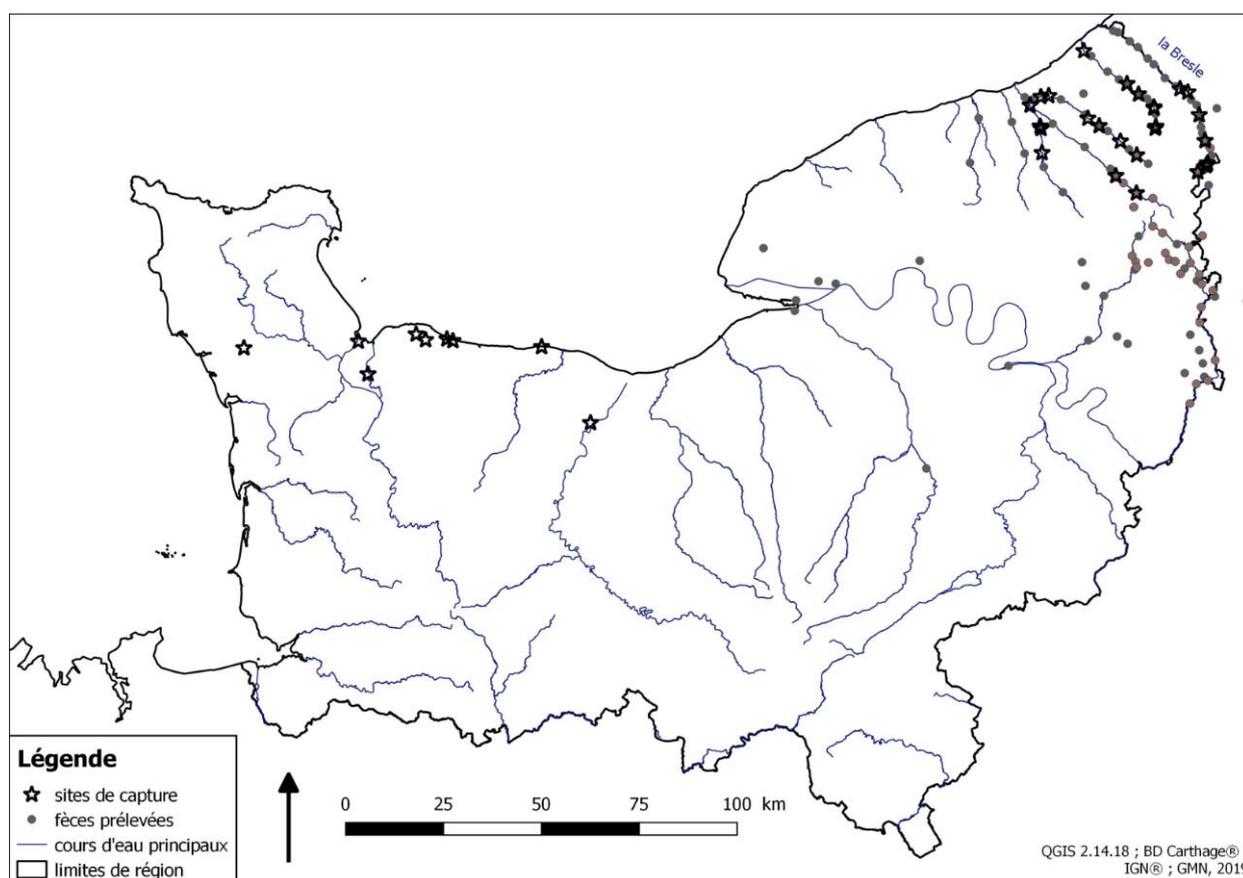


Figure 1 : Localisation des prélèvements de fèces et des sites de capture

Trois mesures biométriques ont systématiquement été prises pour chaque individu capturé : la longueur du pied postérieur (PP) à l'aide d'un pied à coulisse (précision de 0,1 mm), la longueur de la queue (Q) à l'aide d'un régllet sans butée (précision de 0.5 mm) et la masse (M) à l'aide d'un peson mécanique (précision de 5 g). Contrairement à ce qui est souvent préconisé dans la littérature (Quéré & Le Louarn, 2011 ; Rigaux & Dupasquier, 2012 ;

Aulagnier *et al.*, 2013), la longueur des pieds postérieurs a été prise sans inclure les griffes. En effet, leur longueur peut varier selon l'usure et l'âge des individus puis induire un biais (Marchesi, Blant & Capt, 2008 ; Kryštufek *et al.*, 2014). La longueur tête + corps, trop difficile à mesurer sur des individus vivants, n'a pas été retenue. Pour éviter de manipuler des individus déjà capturés, une légère tonsure a été pratiquée en bas du dos.

³ Le nombre de nuits-pièges est calculé en multipliant le nombre de pièges par le nombre de nuits de piégeage.

Lorsque cela était possible, le sexe, l'état sexuel et l'âge des individus ont été notés⁴. Un classement d'âge en fonction des mesures biométriques et de la masse a été choisi ici : les individus étaient considérés comme juvéniles lorsque leur masse ne dépassait pas 130 g, sub-adultes lorsqu'elle était comprise entre 130 et 180 g et adultes lorsqu'elle était plus grande. Toutefois, une détermination basée essentiellement sur la masse s'avère délicate. Frafjord (2016) a en effet constaté des mues en fonction de l'âge des individus ainsi qu'une perte de poids au cours de l'été, mais ces observations faites au nord de la Norvège dans des conditions climatiques très différentes, ne reflètent pas ce qui peut être observé en Normandie (obs.pers).

Des échantillons de poils ont été prélevés sur l'ensemble des individus capturés en Seine-Maritime (n = 168) et conservés dans de l'éthanol absolu avant identification génétique. Les analyses génétiques étaient basées sur la même méthode que celle utilisée pour les fèces, hormis le séquençage, qui était de type Sanger (Michaux, com. pers.).



Résultats

Les fèces prélevées en 2016 et 7 échantillons de poils n'ont pas permis d'aboutir à une identification, en raison d'un protocole de conservation qui s'est avéré mal approprié aux analyses faites ultérieurement et de contaminations d'ADN par des diptères nécrophages (Michaux, com. pers.). Tous les autres échantillons ont révélé une répartition

Analyses statistiques

Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel RTM. Un test du *Khi*-deux au risque $\alpha = 0,05$ a été utilisé pour les analyses de proportions. Lorsque les effectifs étaient trop petits ($n < 5$), un test exact de Fisher a été privilégié. Des tests paramétriques (test de Student) ou non paramétriques (Wilcoxon ou Kruskal-Wallis) de comparaison de moyennes ont été calculés pour les variables biométriques mesurées. Un polynôme permettant de discriminer les deux espèces a été recherché à l'aide d'une Analyse en Composante Principale (ACP) suivie d'une analyse discriminante (Fisher 1936), en faisant varier la masse minimale des individus, ou bien la longueur minimale du pied postérieur qui étaient les variables les plus contributives au modèle. L'objectif était de déterminer, à partir de celles-ci, une valeur minimale à partir de laquelle il serait possible de discriminer de façon robuste les deux espèces.



distincte des deux espèces de campagnols aquatiques en Normandie, à savoir une présence exclusive d'*A. amphibius* sur la *Bresle* et l'*Yères* qui sont les fleuves les plus au nord-est de la Normandie, et d'*A. sapidus* sur l'ensemble des autres cours d'eau normands échantillonnés (Figure 2). Aucune zone de sympatrie n'a été mise en évidence.

⁴ Le sexe peut s'avérer particulièrement difficile à déterminer chez les jeunes individus, de même que l'état sexuel pour les femelles.

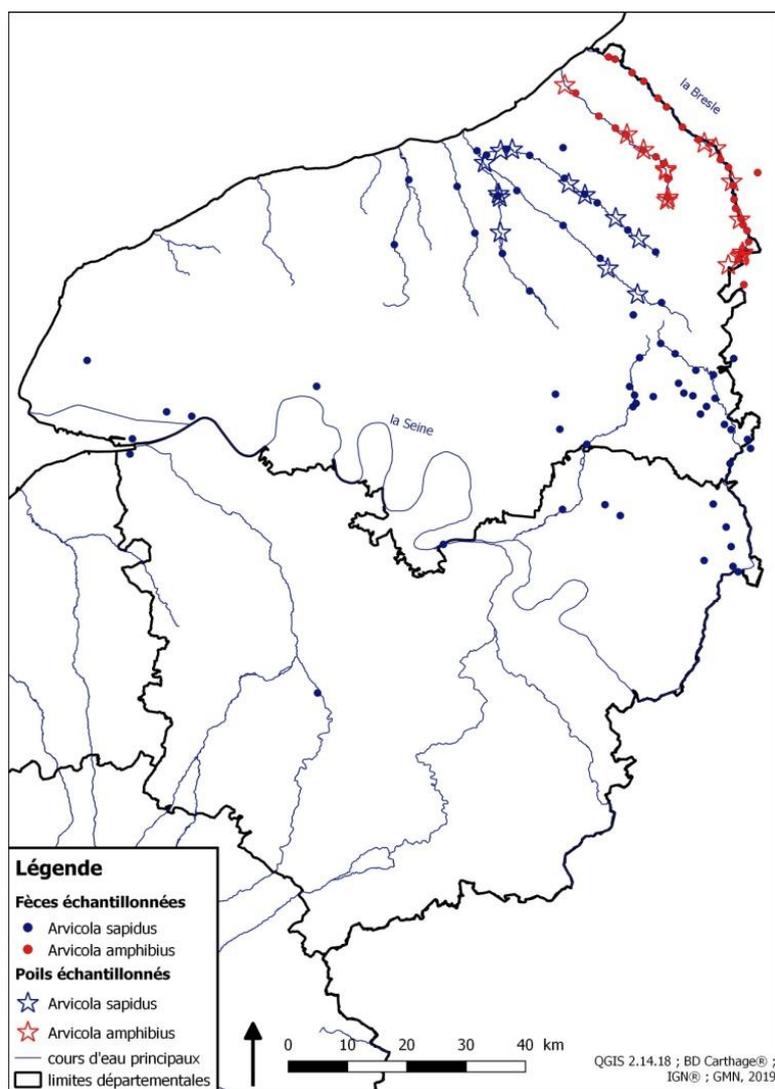


Figure 2 : Résultats des analyses génétiques obtenus à partir des échantillons de poils et de fèces entre 2012 et 2018

Piégeage

Sur l'ensemble des sessions de piégeage, 206 campagnols du genre *Arvicola* ont été capturés : 106 individus d'*A. amphibius* et 100 d'*A. sapidus*, dont 64 en limite d'aire de répartition et 36 à l'ouest de la Normandie (Tableau 1). Un sex-ratio déséquilibré en faveur des mâles a été

observé pour la plupart des sites de capture. Cependant, aucune différence n'a été constatée entre les deux espèces ($p = 0.970$, test de Wilcoxon). Les juvéniles ($n = 56$) étaient les plus souvent capturés chez *A. amphibius*. *A contrario*, il s'agissait des adultes pour *A. sapidus* ($n = 55$).

Tableau 1 : Résultats des captures réalisées en Normandie entre 2016 et 2018

Espèce capturée	Nombre d'individus capturés	Nombre de femelles	Nombre de mâles	Sexe inconnu	Nombre de juvéniles	Nombre de sub-adultes	Nombre d'adultes
<i>Arvicola sapidus</i>	100	28	70	2	18	27	55
En limite d'aire de répartition	64	18	45	1	11	22	31
A l'ouest de la Normandie	36	10	25	1	7	5	24
<i>Arvicola amphibius</i>	106	34	68	4	56	25	25
Total <i>Arvicola</i> spp.	206	62	138	6	74	52	80

Le succès de capture ne s'est pas avéré différent entre les deux espèces ($p = 0,1161$, test de Wilcoxon). Le maximum observé était de 45,5 % sur un site où 30 individus d'*A. amphibius* ont été capturés. La densité relative, exprimée en nombre d'individus capturés pour 100 m de berges, était significativement plus élevée pour *A. amphibius* ($p = 0,026^*$, test de Wilcoxon). La valeur maximale observée chez *A. sapidus* était de 6 ind./100 m de berges alors qu'elle atteignait 15,4 ind./100 m de berges pour *A. amphibius*.

Biométrie

Les pieds postérieurs d'*A. sapidus* étaient significativement plus longs ($\bar{x} = 33,85 \text{ mm} \pm 1,13 \text{ mm}$) que ceux d'*A. amphibius* ($\bar{x} = 31,18 \text{ mm} \pm 1,40 \text{ mm}$) ($p < 2,2 \times 10^{-16}^{***}$; test de Wilcoxon). Toutefois, pour limiter tout biais potentiel dû à une surreprésentation d'une classe

d'âge par rapport à une autre, le même test a été réalisé entre les populations des deux espèces pour chaque classe d'âge (Figure 3). Ainsi, pour chacune, la longueur des pieds postérieurs était significativement plus grande pour *A. sapidus* que pour *A. amphibius* (Juvéniles : $p = 5,2 \times 10^{-4}^{***}$, test de Wilcoxon ; Sub-adultes : $p = 7,3 \times 10^{-13}^{***}$, test de Student ; Adultes : $p = 1,8 \times 10^{-11}^{***}$, test de Student). Pour chaque espèce, la longueur des pieds postérieurs était significativement plus grande pour les adultes que les juvéniles (*A. sapidus* : $p = 1,9 \times 10^{-4}^{***}$, test de Student ; *A. amphibius* : $p = 9,0 \times 10^{-7}^{***}$, test de Wilcoxon). Elle était également plus grande pour les sub-adultes que pour les juvéniles (*A. sapidus* : $p = 5,9 \times 10^{-3}^{**}$, test de Student ; *A. amphibius* : $p = 4,7 \times 10^{-6}^{***}$, test de Wilcoxon). Aucune différence significative n'a été observée entre les adultes et sub-adultes de chaque espèce (*A. sapidus* : $p = 0,96$, test de Student ; *A. amphibius* : $p = 0,57$, test de Student).

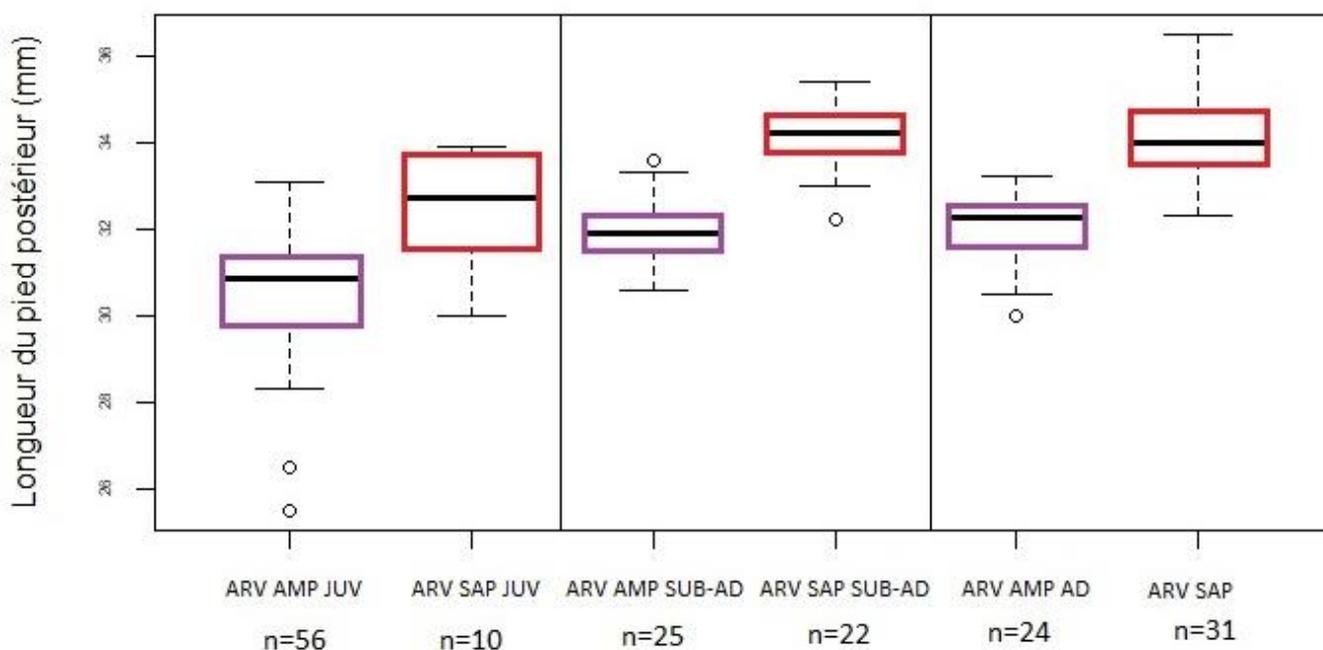


Figure 3 : Longueur des pieds postérieurs des populations d'*A. amphibius* et d'*A. sapidus* en limite supposée d'aire de répartition pour chaque classe d'âge (ARV AMP = *A. amphibius*, ARV SAP = *A. sapidus*, JUV = Juvénile, SUB-AD = Sub-Adulte, AD = Adulte)

De la même façon que pour la longueur des pieds postérieurs, une analyse plus fine par classe d'âge a été réalisée pour la longueur de la queue et la masse. Seuls les sub-adultes d'*A. sapidus* possédaient une queue significativement plus grande ($\bar{x} = 115,05 \text{ mm} \pm 6,26 \text{ mm}$) que ceux d'*A. amphibius* ($\bar{x} = 106,92 \text{ mm} \pm 8,50 \text{ mm}$) ($p = 6.1 \times 10^{-4}***$, test de Student). Aucune différence significative n'est apparue pour les juvéniles ($p = 0,178$, test de Student) et les adultes ($p = 0,436$, test de Student). Concernant la masse, seuls les adultes d'*A. sapidus* étaient significativement plus gros ($p = 1,7 \times 10^{-2}*$, test de Wilcoxon).

Les variables biométriques mesurées ont été représentées sur des graphiques bivariés pour tenter de déterminer des valeurs à partir desquelles il serait possible de discriminer les

deux espèces (Figure 4). Une longueur de pied postérieur (sans griffes) comprise entre 32 et 33 mm semble permettre une distinction, mais il existe toutefois un recouvrement de valeurs correspondant aux deux espèces qui ne permettent pas de les séparer. Globalement, seuls les pieds postérieurs d'une longueur supérieure à 34 mm semblent attribuables à *A. sapidus*. Les résultats de l'ACP et de l'analyse discriminante n'ont pas permis de déterminer de valeur minimale de longueur de pied postérieur ou de masse à partir de laquelle les deux espèces pourraient être différenciées de façon certaine. Enfin, aucune différence significative de longueur de pied postérieur n'a été observée entre les populations de l'ouest et de l'est de la Normandie chez *A. sapidus* ($p = 0,1542$, test de Wilcoxon).

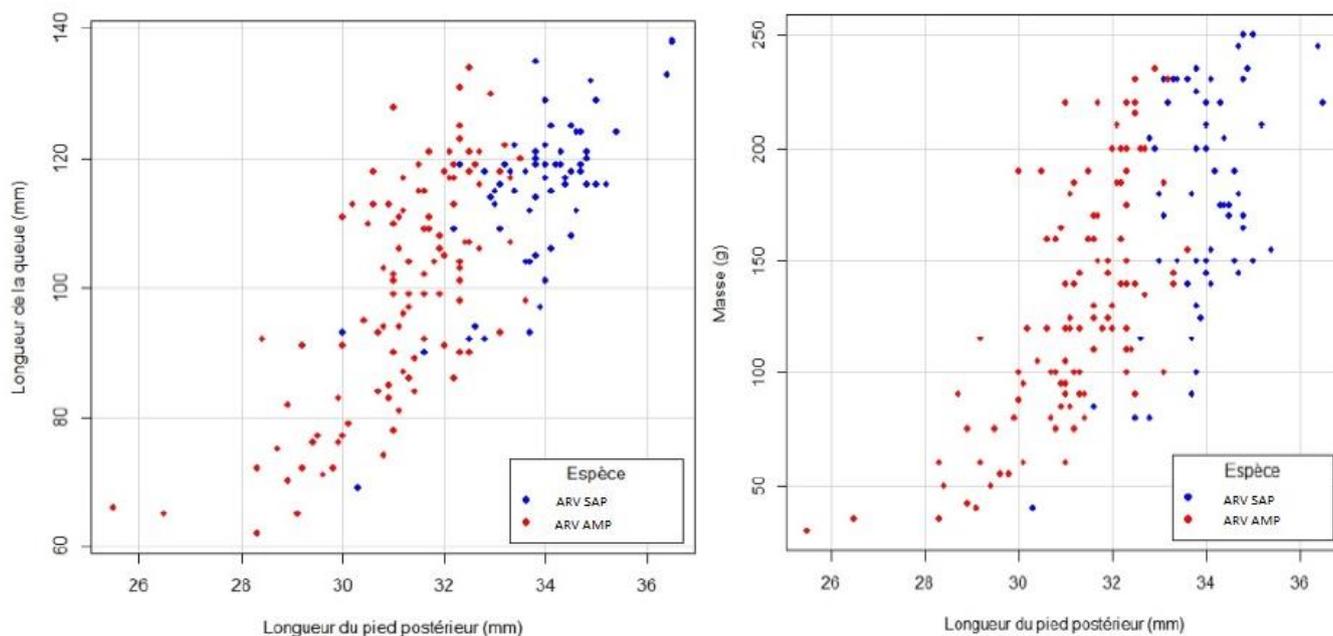


Figure 4 : Représentations bivariées des différentes mesures biométriques prises sur les campagnols du genre *Arvicola* capturés en limite supposée d'aire de répartition (ARV SAP = *A. sapidus*, ARV AMP = *A. amphibius*)

Discussion

Une limite d'aire de répartition distincte en Normandie

En l'état actuel des connaissances, l'*Eaulne* représenterait la limite nord de répartition mondiale d'*A. sapidus*, et l'*Yères* la limite nord-est d'*A. amphibius*. Les populations de ces deux espèces, pouvant être considérées comme allopatriques au regard des résultats de cette étude, sont séparées géographiquement par le réseau hydrographique qui n'offre aucune connexion naturelle entre les bassins versants de l'*Eaulne* et de l'*Yères*. Par ailleurs, à partir de l'ensemble des données normandes et picardes fournies par Picardie Nature, un tampon de 2.5 km de largeur, correspondant à la distance théorique maximale de déplacement (Stoddart, 1970), a été créé depuis les cours d'eau. Des éloignements plus importants ont été constatés par Telfer *et al.* (2003) mais semblent plus ponctuels. Aucune colonisation par une espèce d'un bassin versant vers un autre occupé par l'autre espèce ne semble ainsi possible en Normandie. Les possibilités d'une potentielle colonisation et installation pérenne d'une espèce dans l'aire de répartition de la seconde semblent très peu probables. Dans le cas contraire, une compétition interspécifique conduirait probablement à l'exclusion de l'individu colonisateur.

Les changements bioclimatiques intervenus au cours des dernières périodes glaciaires et interglaciaires pourraient expliquer la répartition actuelle des campagnols aquatiques en Normandie et en France. Depuis le début du quaternaire il y a environ 2.5 Ma, des espèces ont connu des expansions et contractions de leur aire de répartition qui se sont caractérisées par des extinctions de populations nordiques lors des périodes glaciaires (Hewitt 1996). En Europe, quatre lignées génétiques du genre *Arvicola* ont été mises en évidence : une lignée d'*A. sapidus* et trois d'*A. amphibius* composées de populations appartenant au même clade

(Taberlet, Fumagalli & Wust-Saucy, 1998). Les possibilités de déplacements de la faune ont été limitées par plusieurs barrières géographiques : la Méditerranée ayant limité l'expansion des espèces durant les périodes glaciaires, contrairement aux chaînes de montagnes (Pyrénées et Alpes) ayant agi comme barrières à l'expansion d'espèces durant les périodes interglaciaires (Taberlet, Fumagalli & Wust-Saucy, 1998). Elles ont également empêché la recolonisation des populations d'*Arvicola* depuis les péninsules italienne et ibérique (Centeno-Cuadros, 2009).

Les populations actuelles d'*A. sapidus* présentes en France proviendraient du refuge ibérique (Taberlet, Fumagalli & Wust-Saucy, 1998). Contrairement aux Alpes, les Pyrénées ne semblent pas avoir constitué une barrière géographique complètement hermétique à l'expansion d'*A. sapidus* depuis la péninsule ibérique il y a environ 6200 ans, et à la colonisation du nord de cette péninsule par les populations d'*A. amphibius* provenant d'un refuge probablement localisé en Europe centrale (Centeno-Cuadros, 2009). Les populations nordiques d'*A. amphibius* ont certainement disparu pendant les périodes glaciaires (Van Kolfshoten, 1992, Centeno-Cuadros, 2009). Leur retour, ainsi que celui des populations d'*A. sapidus*, s'est probablement fait respectivement depuis les refuges ibérique et balkanique (Van Kolfshoten, 1992, Taberlet, Fumagalli & Wust-Saucy, 1998) jusqu'à une zone de contact, dont l'une correspondrait au nord-est de la Normandie. Les mécanismes relatifs à la compétition interspécifique et l'impossibilité de reproduction entre les deux espèces qui ne présentent pas le même nombre de chromosomes (Diaz de la Guarda & Petrel, 1979, Gromov & Pilyakov, 1992, Centeno-Cuadros *et al.*, 2009, Kryštufek *et al.*, 2014) ont probablement conduit à une exclusion compétitive responsable de leur séparation géographique actuellement observée.

Biométrie des populations de campagnols du genre *Arvicola* en limite d'aire de répartition

Pour déterminer plus précisément à quelles lignées génétiques sont rattachées les populations normandes des deux espèces, il conviendrait d'analyser plusieurs échantillons de chaque espèce afin de dresser un arbre phylogénétique, à l'instar des travaux réalisés par Kryštufek *et al.* (2014) et Chevret *et al.* (2020).

Phénologie des captures

Le déséquilibre de sex-ratio observé en faveur des mâles pourrait s'expliquer par une mortalité hivernale touchant plus les femelles que les mâles (Potapov *et al.*, 2012). D'autre part, la sélection sexuelle par les femelles serait aussi plus importante chez les mâles ayant survécu à l'hiver (Potapov *et al.*, 2012). Par ailleurs, les femelles pourraient passer plus de temps que les mâles dans les galeries et terriers pendant l'élevage des jeunes, ce qui limiterait d'autant plus le nombre de femelles potentiellement capturables. Des captures réalisées en Bretagne en 2018 ont également montré un sex-ratio déséquilibré en faveur des mâles (GMB, 2018). Bien qu'elle puisse être très variable (Saucy, 1999), la densité relative maximale d'individus capturés observée chez *A. amphibius* ($n = 15.4 \text{ ind}/100 \text{ m}$) ne semble pas avoir déjà été observée en France (Rigaux, 2015).

Conclusion

L'ensemble des analyses génétiques réalisées ces dernières années en Normandie, à partir des prélèvements des fèces et poils de campagnols du genre *Arvicola*, ont permis de mettre en évidence l'existence de populations allopatriques géographiquement séparées par le réseau hydrographique. Le Campagnol aquatique est présent, en l'état actuel des

L'analyse des résultats obtenus au cours de cette étude confirme l'existence de pieds postérieurs plus longs chez *A. sapidus*, mais ne permet pas de déterminer de valeur minimale à partir de laquelle l'identification peut s'avérer certaine, y-compris pour les autres variables biométriques mesurées. Le recouvrement important de valeurs doit inciter à prendre d'autant plus de précautions avant toute identification en mains. Seuls les individus présentant des grands pieds postérieurs ($PP > 34,00 \text{ mm}$) semblent être attribuables, en Normandie, uniquement à *A. sapidus*. Bien qu'aucune différence marquée de longueur de pied postérieur n'ait été observée entre les populations d'*A. sapidus* situées en limite d'aire de répartition et à l'ouest de la Normandie, il existe potentiellement des variations biométriques avec des populations géographiquement plus éloignées dans le reste de son aire de répartition.

Des captures s'avèrent cependant nécessaires pour le vérifier et pourraient aussi être également testées chez *A. amphibius* dont l'aire de répartition est plus vaste. En effet, en raison de la faible distance qui les sépare et des possibilités antérieures de contact et/ou mélange de populations qui en découlent, les populations de ces deux espèces localisées en limite d'aire de répartition peuvent être morphologiquement différentes de populations plus éloignées, comme par exemple dans l'est de l'Europe.

connaissances, uniquement sur la *Bresle* et l'*Yères* dans le nord-est de la Normandie qui représenterait la limite nord-ouest de l'aire mondiale de répartition de cette espèce. L'*Eaulne* constituerait la limite nord de l'aire mondiale de répartition du Campagnol amphibie, qui occupe par ailleurs le reste du réseau hydrographique normand.

Les captures ont permis d'obtenir des données biométriques sur 206 campagnols du genre *Arvicola*, dont 100 appartenaient à *A. sapidus* et 106 à *A. amphibius*. Un déséquilibre du sex-ratio en faveur des mâles a été observé chez les deux espèces, qui peut s'expliquer essentiellement par une mortalité hivernale plus importante chez les femelles ainsi que par un temps plus important passé par celles-ci dans les terriers pour élever leurs jeunes. Les densités relatives obtenues sur les différents sites semblent être plus élevées pour *A. amphibius* avec des valeurs atteignant jusqu'à plus de 15 individus pour 100 m de linéaire de berges.

Remerciements

Nous tenons à remercier l'ensemble des salariés, administrateurs et bénévoles du GMN, qui par leur aide irremplaçable, ont considérablement contribué à la mise en œuvre de cette étude. Merci à l'ensemble des partenaires ayant apporté leur contribution en mettant à disposition des zones d'étude et assuré leur appui technique sur le terrain : le PNR des marais du Cotentin et du Bessin, la Réserve Naturelle Nationale des marais de la Sangsurière et de l'Adriennerie, le Conservatoire du Littoral, le Conseil Départemental du Calvados, le Conservatoire d'Espaces Naturels de Normandie, la ville de Caen et le SyMEL. Que les propriétaires ayant accepté l'accès à leurs berges soient aussi remerciés. Merci également aux salariés et bénévoles du Groupe Mammalogique Breton (GMB) venus prêter

main forte au cours de l'étude, aux techniciens rivières pour leur aide à trouver les propriétaires, au laboratoire SPYGEN et au laboratoire de Génétique de la Conservation de l'université de Liège, en particulier au Dr Johan Michaux. L'exploitation statistique des résultats a été possible grâce à l'aide précieuse du Dr Pierre Margerie, du laboratoire ECODIV de l'Université de Rouen, qui se doit d'être chaleureusement remercié. Enfin, merci à Pierre Rigaux (SFEPM) pour ses réponses à nos nombreuses questions relatives à la biométrie des campagnols aquatiques. Cette étude a été cofinancée par l'Agence de l'Eau Seine-Normandie, la Région Normandie et le Fonds Européen Agricole pour le Développement Rural (FEADER) que nous remercions pour leur confiance.

main forte au cours de l'étude, aux techniciens rivières pour leur aide à trouver les propriétaires, au laboratoire SPYGEN et au laboratoire de Génétique de la Conservation de l'université de Liège, en particulier au Dr Johan Michaux. L'exploitation statistique des résultats a été possible grâce à l'aide précieuse du Dr Pierre Margerie, du laboratoire ECODIV de l'Université de Rouen, qui se doit d'être chaleureusement remercié. Enfin, merci à Pierre Rigaux (SFEPM) pour ses réponses à nos nombreuses questions relatives à la biométrie des campagnols aquatiques. Cette étude a été cofinancée par l'Agence de l'Eau Seine-Normandie, la Région Normandie et le Fonds Européen Agricole pour le Développement Rural (FEADER) que nous remercions pour leur confiance.

Bibliographie

AULAGNIER, S. HAFFNER, P., MITCHELL-JONES, A.J., MOUTOU, F., ZIMA, J., CHEVALLIER, J., NORWOOD, J. & VAREALA SIMO, J. (2013) – Mammifères d'Europe, d'Afrique du Nord et du Moyen-Orient. Ed. Delachaux et Niestlé, Paris : 272 p.

AULAGNIER, S. & HAFFNER, P. (2019) – Liste des Mammifères de France Métropolitaine – Mise à jour 2019. SFEPM. *Arvicola*, **21**, 20 p.

BAS, E. (1998) – Atlas des mammifères sauvages de l'Oise. Centre Permanent d'Initiatives pour l'Environnement des Pays de l'Oise, 122 p.

- BIEGALA, L., DEJEAN, T., POIRIER, V. (2013) – Confirmation de la présence d'*Arvicola terrestris* en Normandie. *Le Petit Lérot*, **66** : 3-9.
- CHEVRET, P., RENAUD, S., HELVACI, Z. G. ULRICH, R., QUÉRÉ, J.P. & MICHAUX, J. (2020) – Genetic structure, ecological versatility, and skull shape differentiation in *Arvicola* water voles (Rodentia, Cricetidae). *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research* **58** : 1323-1334.
- CENTENO-CUADROS, A. (2009) – Del individuo a la especie : filografía y genética del paisaje de la rata de la agua (*Arvicola sapidus*). Tesis doctoral, Universidad de Granada, 194 p.
- DIAZ DE LA GUARDIA, R. & PRETEL, A. (1979) – Comparative study of the caryotypes of two species of water vole: *Arvicola sapidus* and *Arvicola terrestris* (Rodentia, Microtinae). *Caryologia* **32**(2) : 183-189.
- FISHER, R. A. (1936) – The Use of multiple measurements in taxonomic problems. *Annals of Eugenics* **7**(2): 179-188.
- FRAJFORD, K. (2016) – Influence of reproductive status: home range size in Water voles (*Arvicola amphibius*). PLoS ONE **11**(4) : e0154338. doi : 10.1371/journal.pone.0154338.
- GROMOV, I.M. & POLYAKOV, I. YA. (1992) – Voles (Microtinae). Fauna of the USSR: Mammals. Smithsonian Institution Libraries & the National Science Foundation, Washington, DC. pp.725.
- GROUPE MAMMALOGIQUE BRETON (2018) – Contrat Nature « Micromammifères de Bretagne » 2016-2019. Compréhension de la fonctionnalité des milieux à travers le comportement des micromammifères.
- HEWITT, G.M. (1996) – Some genetic consequences of ice ages, and their role in divergence and speciation. *Biological Journal of the Linnean Society*, **58**: 247-276.
- KRYŠTUFEK B., KOREN, T., ENGELBERGER, S., HORVÁTH, G. F., PURGER, J. J., ARSLAN, A., CHIŞAMERA G. & MARARIU D. 2014. Fossorial morphotype does not make a species in water voles. *Mammalia*, **79**(3) : 293-303.
- LE LOUARN, H. & SAINT GIRONS, M.C. (1977) – Les rongeurs de France. Faunistique et Biologie. INRA, Paris, 161 p.
- MARCHESI, P., BLANT, M. & CAPT, S. (2008) – Mammifères de Suisse. *Fauna Helvetica*. **22** : 296 p.
- POTAPOV, M. A.; NAZAROVA, G. G., MUZYKA, V. Y., POTAPOVA, O. F. & EVSIKOV, V. (2012) – Extrinsic and intrinsic factors of regulation of reproductive potential in the Water Vole (*Arvicola amphibius*) population from Western Siberia. In Rodents. A. Triunveri & D. Scalise Ed. Nova Science Publishers, Inc. pp 23-41.
- QUÈRÈ, J. P. & LE LOUARN, H. (2011) – Les Rongeurs de France : Faunistique et biologique. Editions Quae, 3ème édition, revue et augmentée, Versailles, 312 p.
- RIGAUX, P. & DUPASQUIER, C. (2012) – Clé d'identification "en main" des micromammifères de France métropolitaine. Société Française pour l'Étude et la Protection des Mammifères, 57p.
- 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.
- SAINT GIRONS, M.-C. (1973) – Les Mammifères de France et du Benelux (Faune marine exceptée). Doin ed., Paris, 481 p.
- SAUCY F. (1999) – *Arvicola terrestris*. *Arvicola sapidus*. In : Mitchell-Jones A. J. et al. The atlas of European mammals. T & AD Poyser Natural History, London, UK.
- STODDART, M. (1970) – Individual range, dispersion and dispersal in a population of Water voles (*Arvicola terrestris*). *Journal of Animal Ecology* **39**(2): 403-425.
- TABERLET, P., FUMAGALLI, L. & WUST-SAUCY, A.G. (1998) – Comparative phylogeography and postglacial colonization routes in Europe. *Molecular Ecology* **7**: 453-564.
- TELFER, S., PIERTNEY, S.B., DALLAS, F.J., STEXART, W.A. & MARSHALL, F. (Parentage assignment detects frequent and large-scale dispersal in water voles. *Molecular Ecology*, **12** : 1939-1949.
- THOMAS, B. (2012) – Inventaire et conservation de trois espèces patrimoniales de micromammifères en Haute-Normandie : le Campagnol amphibie (*Arvicola sapidus*), le Campagnol terrestre forme aquatique (*Arvicola terrestris*) et la Crossope aquatique (*Neomys fodiens*). Groupe Mammalogique Normand, 39 p.
- VAN KOLFSCHOTEN, T. (1992) – Aspects of the migration of mammals to Northwestern Europe during the Pleistocene, in particular the reimmigration of *Arvicola terrestris*. Institut für Paläontologie, Bonn, Germany. 8 p.