



UNIVERSITÉ
TOULOUSE III
PAUL SABATIER



Université
de Toulouse



Observatoire
des Mammifères
de Bretagne



Elaboration d'un nouveau protocole de suivi du Campagnol amphibie (*Arvicola sapidus*) en Bretagne

Rapport de Stage de Master 2

Mars - Août 2023

Alyssa Guiheneuf

Soutenance le 15 Septembre 2023



Université Toulouse III - Paul Sabatier

Master Biodiversité, écologie et évolution (BEE)

Parcours Gestion de la Biodiversité (GBI)

Tuteur universitaire : Laetitia Buisson

Groupe Mammalogique Breton

Observatoire des Mammifères de Bretagne

Encadrants : Thomas Le Campion

alyguiheneuf@gmail.com

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	1
ZONE D'ETUDE.....	6
ANCIEN PROTOCOLE DE SUIVI	6
I. PRESENTATION	6
II. ANALYSES STATISTIQUES	8
II.1 MATERIEL ET METHODE.....	8
II.2 RESULTATS	8
III. LIMITES IDENTIFIEES	9
PROCESSUS DE CREATION DU NOUVEAU PROTOCOLE.....	10
IV. RECHERCHES BIBLIOGRAPHIQUES ET RECUEIL D'AVIS D'EXPERTS	10
I. PROPOSITION DE PROTOCOLE	11
I.1 METHODE GENERALE.....	11
I.2 HABITATS	12
I.3 UNITE GEOGRAPHIQUE	13
I.4 METHODE DE PROSPECTION	14
I.5 PERIODE DE PROSPECTION	15
II. OUTILS D'AIDE A LA MISE EN ŒUVRE DU PROTOCOLE	15
II.1 CARTOGRAPHIE.....	15
II.2 FICHE DE TERRAIN.....	16
II.3 GUIDE DETAILLE DU PROTOCOLE	16
II.4 FICHE DE PROTOCOLE SIMPLIFIE.....	16
III. VALIDATION	17
III.1 TEST SUR LE TERRAIN.....	17
III.2 AJUSTEMENTS.....	18
IV. PREMIERS RESULTATS.....	18
DISCUSSION	21
CONCLUSION	24
BIBLIOGRAPHIE	
SITOGRAFIE	
ANNEXES	
REMERCIEMENTS	
RESUME	

INTRODUCTION

La biodiversité fait actuellement face à un déclin généralisé provoqué notamment par les activités humaines et le changement climatique, suscitant de vives préoccupations environnementales (Commissariat général au développement durable, 2020). La surexploitation des ressources naturelles, les invasions biologiques, ainsi que la dégradation et la fragmentation des habitats, exercent une pression sur la biodiversité mondiale (Sala et al., 2000 ; Rockström et al., 2009 ; Tittensor et al., 2014 ; Sage, 2019). Il est en effet, établi que le taux d'extinction actuel des espèces est en augmentation (Tittensor et al., 2014 ; Pimm et al., 2014). Ce taux est estimé être 100 à 1000 fois plus élevé que le taux naturel d'extinction (Lamkin & Miller, 2016 ; Pimm & Raven, 2019 ; Cowie et al., 2022). Entre 1900 et 1950, près de 60 espèces d'oiseaux et de mammifères auraient disparu, alors que le taux d'extinction naturel pour ces deux groupes devrait normalement se situer à environ une extinction tous les 100 à 1000 ans (Reid, 1992). Dans ce contexte, la surveillance de l'évolution des populations animales et végétales est aujourd'hui essentielle. Celle-ci permet en effet, l'analyse des changements affectant la biodiversité, et la mise en place éventuelle de mesures de gestion et de préservation des espèces, de leurs ressources et de leurs habitats (Hellawell, 1991 ; Dallmeier et al., 2013).

Cette surveillance peut notamment être effectuée au moyen des suivis de populations (Hellawell, 1991 ; Dallmeier et al., 2013). En effet, la mise en place d'un suivi, qu'il soit temporel ou spatial, d'une ou plusieurs populations, en suivant un protocole systématique de collecte de données, peut permettre d'étudier la tendance évolutive des populations ciblées (Garnier, 2014 ; « Suivis de populations », s. d.). Ces protocoles de relevés sur le terrain peuvent impliquer l'utilisation de méthodes directes comme le piégeage et les observations directes, ainsi que des méthodes indirectes comme les indices de présence (IRPN). Ainsi, les suivis de populations permettent une meilleure compréhension des tendances d'évolution, et donc d'identifier les facteurs de déclin et de développer des stratégies de conservation adaptées (Hellawell, 1991 ; Dallmeier et al., 2013).

Parmi ces espèces nécessitant des données plus approfondies à propos des tendances de population figure le Campagnol amphibie (*Arvicola sapidus* Miller, 1908). Ce campagnol se distingue des autres espèces par sa grande taille et son mode de vie inféodé aux milieux humides (Aulagnier et al., 2020). Bien qu'il soit capable d'occuper une grande variété de milieux tels que les ruisseaux, les étangs, les marais, les tourbières et les prairies humides (Aulagnier et al., 2020), il reste toutefois très exigeant sur les habitats qu'il occupe. Sa répartition géographique se limite à la France métropolitaine et à la péninsule ibérique (Figure 1). Cependant, il est absent des régions françaises du Nord, de l'Est et de la Corse (Noblet, 2005 ; Rigaux, 2014).

Depuis 2008, l'espèce est classée comme "vulnérable" sur les listes rouges des espèces menacées en Europe et dans le monde établies par l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN) (Rigaux et al., 2008), en raison d'une régression constatée de son aire de

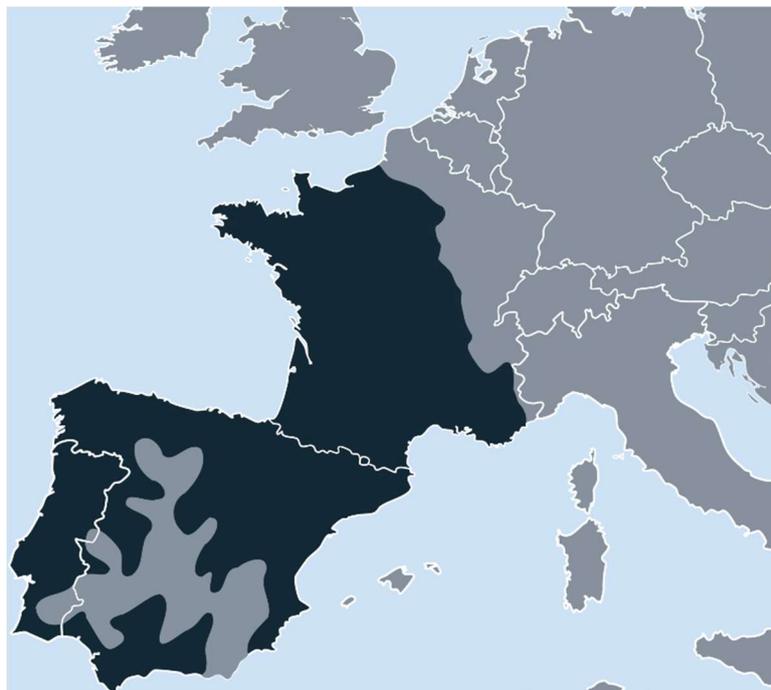


Figure 1. Aire de répartition du Campagnol amphibie (*Arvicola sapidus*).
© UICN, SFEPM

répartition (Román, 2003 ; Rigaux et al., 2008 ; Aulagnier et al., 2020). En revanche, bien que protégé intégralement en France depuis 2012 (« Arrêté du 15/09/2012 modifiant l'arrêté du 23/04/2007 fixant la liste des mammifères terrestres protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection », 2019), le Campagnol amphibie est seulement classé comme "quasi-menacé" sur les listes rouges française (UICN France et al., 2017) et bretonne (Observatoire de l'environnement en Bretagne et al., 2015) en raison d'un manque de connaissances et de données précises sur l'évolution des populations (Rigaux, 2015).

Au cours des dernières décennies, de nombreux naturalistes français ont signalé un déclin potentiel de l'espèce, qui serait devenue moins commune depuis l'arrivée du Rat musqué, tant au

niveau départemental (Le Louarn & Saint-Girons, 1977 ; Saint-Girons, 1994 ; Noblet, 2005) que national (Noblet, 2012). Afin d'accéder à une compréhension plus fine de la situation, la Société Française pour l'Étude et la Protection des Mammifères (SFEPM) a lancé une enquête participative à l'échelle nationale en 2009, qui s'est poursuivie jusqu'en 2014. Cette enquête avait pour objectif le recueil de données sur la répartition des populations de Campagnol amphibie à travers le territoire français, via l'utilisation d'un protocole bien défini (Rigaux & Poitevin, 2008). Les résultats de cette enquête ont confirmé un affaiblissement de l'espèce sur l'ensemble du territoire français (Rigaux, 2015). Le Campagnol amphibie semble donc montrer des signes de déclin en France depuis plusieurs décennies (Haffner, 2007 ; Noblet, 2012 ; Rigaux, 2014) : l'espèce serait globalement peu abondante, et sa répartition très fragmentée (Noblet, 2012 ; Rigaux, 2015).

Les causes de régression des populations du Campagnol amphibie ne sont pas encore pleinement identifiées, mais l'une des premières serait la destruction, la modification et la fragmentation de son habitat (Rigaux et al., 2008 ; Rigaux, 2014 ; Mate et al., 2013 ; Pita et al., 2013). Cette perte d'habitats favorables à l'espèce entraînerait une diminution de la capacité d'accueil des milieux et engendrerait donc une dispersion plus importante à travers des environnements moins propices à l'espèce et une augmentation du risque de mortalité (Rigaux, 2015). En effet, les estimations indiquent que plus de 60 % des surfaces de zones humides en France ont disparu, et qu'entre 2010 et 2020, 41 % des zones humides emblématiques ont subi une dégradation (« Zones humides : Etat des lieux », 2023).

Le déclin du Campagnol amphibie en France pourrait également être en partie attribué au nombre croissant d'espèces allochtones introduites (Rigaux et al., 2008 ; Noblet, 2012 ; Rigaux, 2014), créant des menaces telles que la concurrence et/ou la prédation, ainsi que des impacts sur les écosystèmes (« Espèces exotiques envahissantes », 2022). La France est touchée avec plus de 3 000 plantes exotiques et 2 400 espèces de faune exotique recensées, dont près de 2 400 ont été introduites en métropole (INPN, 2021). En moyenne, depuis 1982, chaque département français accueille 12 nouvelles espèces exotiques envahissantes (EEE) tous les dix ans, selon l'indicateur de l'Observatoire national de la biodiversité (« Espèces exotiques envahissantes », 2022). Parmi ces introductions, le Rat musqué (*Ondatra zibethicus*), introduit dans les années 1920, exercerait un impact important, tandis que d'autres espèces telles que le Rat surmulot (*Rattus norvegicus*), le Ragondin (*Myocastor coypus*) et le Vison d'Amérique (*Neovison vison*) pourraient également exercer une pression contribuant ainsi à l'affaiblissement des populations du Campagnol amphibie (Rigaux et al., 2008 ; Noblet, 2012 ; Rigaux, 2014).

Cette régression pourrait également être attribuée aux campagnes d'empoisonnement visant ces espèces exotiques envahissantes, voire au piégeage non sélectif des Espèces Susceptibles d'Occasionner des Dégâts (ESOD) (Noblet, 2005). En effet, depuis l'entrée en vigueur de l'Arrêté du 8 juillet 2003 relatif à la lutte contre le Ragondin et le Rat musqué, en particulier en ce qui concerne les conditions de délivrance et d'emploi d'appâts empoisonnés, ces substances ont vu leur utilisation restreinte. Cependant, au cours du XXe siècle, une proportion importante

d'anticoagulants tels que la Bromadiolone ou la Chlorophacinone a été utilisée dans la destruction non sélective de rongeurs envahissants (Noblet, 2005), ayant un impact important sur les populations de rongeurs indigènes, comme le Campagnol amphibie (Noblet, 2005 ; Lemarchand et al., 2014),

En Bretagne, plusieurs naturalistes estiment que le Campagnol amphibie, autrefois commun, est aujourd'hui moins fréquent (Noblet, 2005). Cependant, malgré ces signes d'affaiblissement des populations, l'enquête nationale menée par la SFEPM a démontré que la fréquence d'occurrence du Campagnol amphibie dans cette région est deux fois plus élevée que la moyenne nationale (Rigaux, 2015 ; Simonnet, 2015). Parallèlement, l'Atlas des Mammifères de Bretagne, réalisé par le Groupe Mammalogique Breton (GMB), a mis en évidence une répartition hétérogène de l'espèce à travers la région (Simonnet, 2015). Les populations se révèlent relativement abondantes dans l'ouest de la région, où la proportion de sites positifs atteint 73 %. En revanche, au nord et à l'est de la région, les populations sont nettement plus rares avec seulement 15 % de sites positifs. La situation est à un niveau intermédiaire dans le sud de la Bretagne, avec 48 % de sites positifs (Simonnet, 2015).

Cette fréquence d'occurrence plus élevée que la moyenne nationale confère à la Bretagne une responsabilité biologique régionale élevée concernant la préservation de l'espèce aux niveaux national et mondial (Le Campion, 2022). De plus, le Décret 2019-1400 du 17/12/2019 portant sur les orientations nationales pour la préservation et la remise en bon état des continuités écologiques, met en évidence que le Campagnol amphibie fait partie des espèces considérées sensibles à la fragmentation de son habitat et ayant un enjeu pour la cohérence nationale de la trame verte et bleue dans de nombreuses régions françaises, et notamment en Bretagne.

C'est dans ce contexte que le GMB a entrepris un suivi de l'espèce dans la région bretonne. Les premières analyses menées par Maillet en 2022 ont alors fait état d'un déclin de l'espèce en Bretagne. Néanmoins, le protocole utilisé pour ce suivi du Campagnol amphibie en Bretagne a présenté certaines limites compliquant sa mise en œuvre sur le terrain et restreignant l'analyse des données obtenues. Pour ces raisons, il est indispensable de revoir la stratégie de suivi de cette espèce pour les décennies à venir.

L'objectif de cette étude est donc la mise en place d'un nouveau protocole de suivi du Campagnol amphibie en Bretagne plus adapté, dans un but de caractérisation plus précise de l'évolution des populations, et donc de contribuer activement à sa conservation et à la préservation de son habitat. Les objectifs du stage ont alors été : (1) l'identification des limites de l'ancien protocole ; (2) la détermination des informations essentielles à l'élaboration du nouveau protocole ; (3) l'établissement d'un nouveau protocole adapté à l'espèce ; (4) la vérification de la faisabilité de ce protocole sur le terrain et l'adaptation si nécessaire ; (5) la mise en place des outils d'aide à sa mise en œuvre.

ZONE D'ETUDE

La zone d'étude pour le protocole de suivi est la Bretagne. S'étendant sur une superficie de 27 208 km² (Germis et al., 2013), elle est composée de quatre départements : les Côtes-d'Armor, le Finistère, l'Ille-et-Vilaine et le Morbihan. Cette région est principalement côtière, possédant 2 730 kilomètres (km) de côtes (Météo-France, 2012). Son climat est de type océanique, se traduisant par des températures douces et une pluviométrie relativement abondante (Météo-France, 2012). La Bretagne comprend des zones humides s'étalant sur une superficie totale de 2 236 km² (Dausse, 2020). De plus, elle présente un réseau hydrographique étendu, composé de 30 000 km de cours d'eau (Germis et al., 2013). Cependant, ces zones humides subissent des altérations dues à divers facteurs. L'urbanisation, la construction d'infrastructures routières, l'expansion des cultures agricoles et sylvicoles, ainsi que la création de plans d'eau contribuent à altérer leurs fonctions (Dausse, 2020). Environ 61 % des zones humides de Bretagne auraient déjà disparu, avec une dégradation particulièrement marquée dans le département de l'Ille-et-Vilaine où plus de 80 % des zones humides potentielles sont altérées (Dausse, 2020). Malgré ces dégradations environnementales, la région de Bretagne conserve son statut de territoire privilégié pour le Campagnol amphibie.

ANCIEN PROTOCOLE DE SUIVI

I. PRESENTATION

Le protocole établi en 2008 par Rigaux et Poitevin lors de l'enquête nationale a été conçu dans le but de détecter l'espèce pour établir sa répartition en France, ainsi que pour évaluer l'état des populations. Cependant, sa conception ne visait pas à assurer un suivi en continu des populations de l'espèce. Ce protocole repose sur la mise en place d'un maillage de 10 x 10 km couvrant l'ensemble du territoire français. Les mailles ont ensuite été sélectionnées de manière aléatoire, dans des zones abritant des cours d'eau au sein de sous-bassins versants situés à proximité des participants. Chacune de ces mailles a ensuite été subdivisée en un maillage de 2 x 2 km, créant ainsi 25 carrés distincts. Parmi ces 25 carrés issus de la maille initiale, une sélection de 20 carrés, semblant offrir les conditions les plus favorables à la présence de l'espèce a été effectuée. La sélection des sites à prospecter (Figure 2) a été guidée par la recherche de critères propices à la présence de l'espèce, s'appuyant sur des repérages cartographiques à partir de cartes IGN, ainsi que sur l'observation de caractéristiques spécifiques des zones concernées.

Chaque tronçon de cours d'eau a ensuite été prospecté sur 100 mètres, afin de détecter des indices de présence, les crostiers constituant le seul indice distinctif.

Ce protocole a été mis en œuvre en Bretagne au cours de deux phases distinctes. La première phase s'est déroulée de 2009 à 2014, dans le contexte de l'enquête nationale qui a

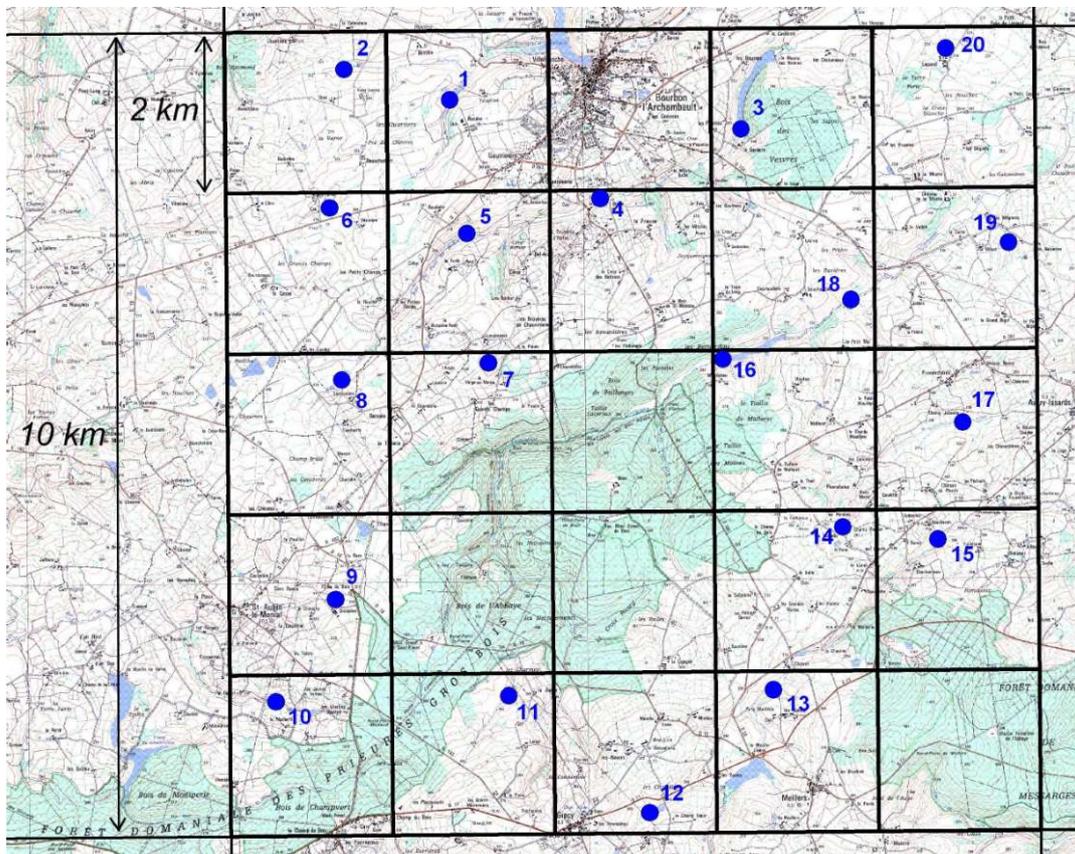


Figure 2. Exemple de localisation des 20 sites dans une maille 10 x 10 km.

© Rigaux & Poitevin, 2008

également contribué à l'élaboration de l'Atlas des Mammifères de Bretagne dans un objectif d'amélioration des connaissances sur la répartition et les densités de l'espèce. La seconde phase s'est déroulée de 2017 à 2022, dans le cadre de l'Observatoire des Mammifères de Bretagne, dans un objectif de suivi des populations.

II. ANALYSES STATISTIQUES

II.1 MATERIEL ET METHODE

Les données ont été obtenues à partir de la base de données du GMB, et ont ensuite été soumises à un processus de tri. Dans le cadre de cette analyse, seules les données provenant des sites ayant fait l'objet d'une prospection lors de l'enquête nationale ainsi que d'une prospection ultérieure dans le cadre de l'Observatoire des Mammifères de Bretagne ont été retenues. L'analyse a ainsi portée sur 472 sites prospectés dans 12 mailles. Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel R (version 4.1.2), avec les packages de base, et le package « lme4 » pour les modèles mixtes, avec une valeur significative : $\alpha = 0,05$.

Une analyse comparative entre les données collectées lors de l'enquête nationale et celles de l'Observatoire des Mammifères de Bretagne a été entreprise dans le but de détecter d'éventuelles différences entre les deux périodes. Seules les données de présence/absence de l'espèce dans les mailles communes des deux cadres de prospection ont été retenues pour cette analyse. L'approche adoptée a fait appel à un Modèle Linéaire Généralisé à Effet Mixte (GLMM) avec une distribution binomiale et une fonction de lien logarithmique (Log). Dans ce modèle, le cadre de prospection et la période ont été considérés comme des facteurs fixes, tandis que les sites intégrés dans leurs mailles respectives et les observateurs ont été considérés comme des facteurs aléatoires.

II.2 RESULTATS

Modèle : Présence/absence ~ cadre de prospection + période de prospection + (1|Mailles/sites) + (1|observateur).

La variable cadre de prospection du modèle semble exercer une influence sur la présence de l'espèce (Figure 3). En effet, la présence de l'espèce diffère de manière significative entre la première phase de prospection (2009 à 2014), et la deuxième phase (2017 à 2022), comme le confirme l'analyse de variance (ANOVA ; **p-value < 0,05**). En particulier, il apparaît que l'occurrence de l'espèce diminue lorsque le cadre de prospection est plus récent. En revanche, la période de

prospection n'a pas montré d'influence significative sur l'occurrence de l'espèce dans les sites prospectés (ANOVA ; p-value = 0,18).

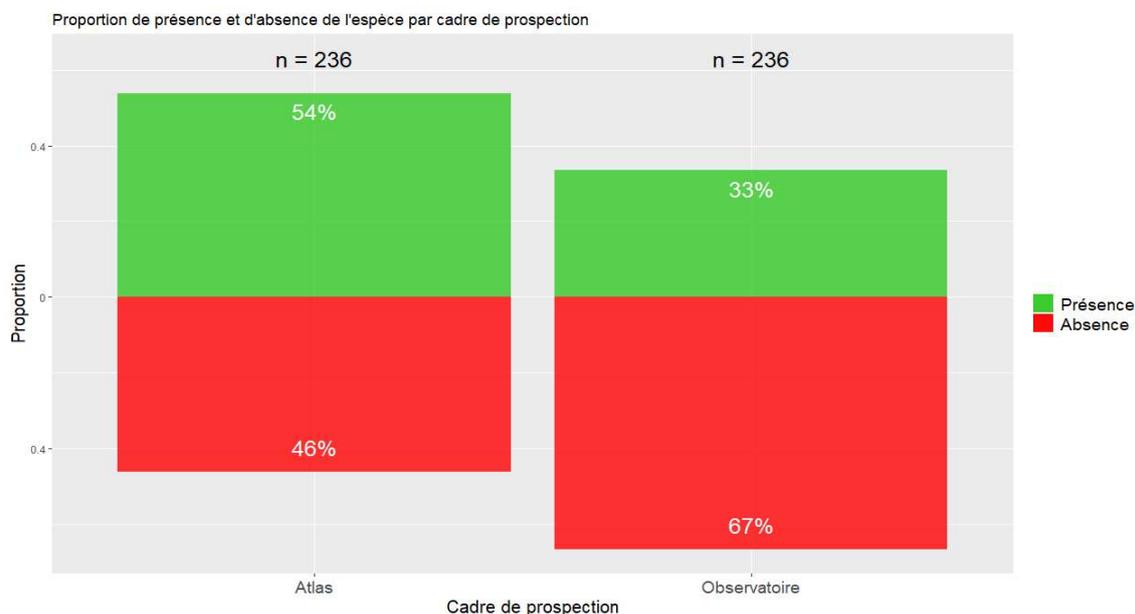


Figure 3. Proportion de présence et d'absence du Campagnol amphibie (*Arvicola sapidus*) en fonction du cadre de prospection. © Alyssa Guiheneuf

III. LIMITES IDENTIFIÉES

En Bretagne, entre 2009 et 2014, un total de 34 mailles de 10 x 10 km a fait l'objet d'une prospection complète. Cette étude a été poursuivie de 2017 à 2022 avec la prospection de 29 mailles, comprenant 12 mailles déjà enquêtées et 17 nouvelles.

Les analyses réalisées ont mis en évidence une diminution de la présence de l'espèce au sein des 15 mailles prospectées au cours des deux périodes de prospection. Toutefois bien que les sites soient répartis dans toute la Bretagne, cette diminution ne peut être généralisée à toute la région. En effet, seulement 63 mailles ont été prospectées sur une période de 10 ans. Le temps et les moyens à mobiliser lors la mise en place du protocole constituent donc une limite à l'application de ce dernier. En effet, étant donné la prospection requise de 20 sites par maille, l'application du protocole se révèle être une tâche chronophage nécessitant l'implication de nombreux bénévoles. De plus, cette multitude de sites à prospecter restreint le nombre total de mailles pouvant être prospectées de façon complète dans la région. Une attention considérable doit être consacrée à chaque maille, ce qui ne favorise pas l'exploration d'une zone plus étendue et représentative, et limite la portée du suivi à seulement une petite proportion de la région.

L'évolution des sites suivis constitue une autre limite à l'application du protocole. Plus de 15 % des sites réexaminés entre 2017 et 2022 ont perdu leur caractère favorable à l'espèce,

notamment en raison de l'évolution naturelle des habitats, ou d'une trop forte pression humaine. Il est en effet plausible que l'habitat n'évolue pas de manière satisfaisante pour l'espèce en raison de l'absence d'interventions humaines, ce qui peut favoriser le développement d'une végétation ligneuse et conduire à l'abandon du site (Rigaux & Charruau, 2007 ; Noblet, 2012 ; Rigaux, 2014). On observe notamment une forte dynamique d'enfrichement des zones humides dans la région bretonne (Augier et al., 2022). En outre, des disparitions locale de l'espèce peuvent également survenir sous l'effet d'une pression excessive, telle que le piétinement des berges provoquant des modifications du paysage ou des fauches trop rases, entraînant une réduction défavorable de la couverture végétale du milieu (Pita et al., 2011 ; Noblet, 2012 ; Rigaux, 2014). Ainsi, compte tenu de la rapide évolution de ces milieux humides, le schéma de revisite des sites prévu dans le cadre de l'Observatoire des Mammifères de Bretagne semble peu adapté au suivi de cette espèce. En effet, cette approche ne garantit pas un suivi des populations, mais plutôt un suivi de la dynamique naturelle ou non des habitats. Par conséquent, il pourrait être plus pertinent de changer de sites de prospections d'une année à l'autre, afin de suivre les populations sur des habitats uniquement favorables.

Une autre limite du protocole est l'absence de période prédéfinie de prospection entraînant des probabilités de détection variables selon les saisons. Or, les Campagnols du genre *Arvicola* sont généralement plus aisément détectables lors de la période de reproduction, en raison d'une densité de crottes plus élevée (Woodroffe et al., 1990 ; Arthur, 2008), il semble donc crucial d'établir une période de prospection adéquate, afin de garantir une collecte de données optimale.

Par ailleurs, les suivis ont révélé de nombreuses lacunes en termes d'informations collectées. Près de la moitié des sites ne disposaient pas de données relatives à leur gestion et à la végétation présente. Cette absence d'informations n'a donc pas permis une vérification de la notion d'habitat favorable sur les milieux prospectés, pouvant ainsi créer un biais dans l'évaluation de ces habitats. Cette absence d'informations entrave également l'analyse des données recueillies. Les raisons de ces lacunes pourraient inclure un manque de clarté des fiches de terrain et/ou des consignes données aux personnes en charge des relevés de terrain. La formation des bénévoles et des salariés, ainsi qu'une adaptation de la fiche de terrain pourrait permettre de pallier à ce problème d'hétérogénéité dans la prise des informations sur le terrain.

L'ensemble de ces limites complique la mise en œuvre sur le terrain, restreint l'analyse des données du protocole et met ainsi en évidence l'inadaptation du protocole au suivi du Campagnol amphibie sur plusieurs années.

PROCESSUS DE CREATION DU NOUVEAU PROTOCOLE

IV. RECHERCHES BIBLIOGRAPHIQUES ET RECUEIL D'AVIS D'EXPERTS

Dans un premier temps, une recherche bibliographique visant à identifier les protocoles de suivi du Campagnol amphibie déjà existants a été menée. Cette recherche avait pour objectif de réunir les informations spécifiques à ses populations en Bretagne ou de trouver toutes les

informations nécessaires à l'établissement d'un nouveau protocole, tout en cherchant à pallier aux difficultés rencontrées lors du précédent protocole de suivi.

Pour atteindre ces objectifs, les recherches ont débuté en se concentrant sur des études spécifiques concernant la France, permettant ainsi de rassembler des informations pertinentes sur les protocoles de suivi du Campagnol amphibie dans des régions présentant le plus de similarités possible avec la Bretagne. Ensuite, les recherches se sont élargies pour inclure des études menées dans le reste de l'Europe sur les espèces du genre *Arvicola* à mœurs aquatique, le Campagnol amphibie (*Arvicola sapidus*) et le Campagnol terrestre forme aquatique (*Arvicola amphibius*), si cela s'avérait nécessaire. Cette approche a permis de bénéficier d'une perspective plus large, mais toujours adaptée à l'espèce ciblée.

Des échanges ont également eu lieu avec des chercheurs de l'Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAE) de Rennes. Leur contribution a été précieuse, compte tenu de leur implication antérieure dans l'élaboration de précédents protocoles de suivi, de même que leur expertise en matière de dynamique des populations et de leur connaissance sur les mammifères.

Ces échanges ont permis de déterminer la stratégie générale à adopter pour le suivi. Par la suite, les décisions liées à la caractérisation des habitats à prospector, ainsi qu'à la délimitation des zones, la méthode et la période de prospection, ont été prises en s'appuyant sur la documentation recueillie et les rapports internes du GMB. Cette première phase a abouti à l'élaboration d'une première version du nouveau protocole de suivi du Campagnol amphibie en Bretagne.

I. PROPOSITION DE PROTOCOLE

I.1 METHODE GENERALE

De la même manière que l'ancien protocole, le nouveau se veut également participatif. En effet, bien que les salariés du GMB aient la possibilité de contribuer au suivi dans le cadre de leur activité professionnelle, une part importante du suivi repose sur l'implication des bénévoles. Le système de suivi participatif est très émergent depuis le début du XXI^e siècle, car il permet à des personnes qui n'en font pas leur activité professionnelle de participer à des suivis de la biodiversité, à l'instar du programme Vigie-Nature (Julliard, 2017). Étant donné que les observations sont réalisées par des participants bénévoles, certaines règles sont indispensables pour encadrer efficacement le suivi. Ainsi, le protocole de suivi doit donc être simple et standardisé, une question initiale doit être définie, les données collectées par les bénévoles doivent être soumises à une validation, et il est recommandé que les participants reçoivent des retours sur leur participation (Silvertown, 2009). Par conséquent, il est essentiel de mettre en place un protocole à la fois aussi précis que l'ancien et plus facile à mettre en œuvre sur le terrain.

En outre, le Campagnol amphibie voit sa présence dépendre de certaines caractéristiques du milieu, notamment la structure de la végétation (Rigaux, 2014). Par conséquent, il apparaît pertinent, d'utiliser une méthode permettant le suivi de l'espèce uniquement sur des habitats favorables, pour étudier les tendances de ses populations.

Dans ce double contexte, l'adoption d'une approche basée sur des paires d'habitats favorables peut s'avérer pertinente (com. pers. Éric Petit). Cette méthode implique la prospection de deux sites au sein d'une même unité géographique : l'un caractérisé par un habitat spécifiquement favorable à l'espèce (très favorable), et l'autre doté d'un habitat légèrement moins favorable (moyennement favorable). Cette approche permet ainsi d'assurer un suivi de l'évolution des populations de manière plus exhaustive, en ne se limitant pas seulement aux habitats les plus attractifs pour l'espèce, mais en incluant également des habitats plus intermédiaires dans lesquels les variations d'occurrence seront vraisemblablement plus sensibles. En outre, cette approche présente l'avantage de considérablement alléger la charge du suivi, se limitant à la prospection de seulement deux sites par unité géographique. Ce choix contribue à favoriser une plus grande implication des bénévoles, réduisant le temps passé sur le terrain. De plus, cette simplification permet une meilleure couverture du territoire breton, car en concentrant les efforts sur un nombre restreint de sites, un plus grand nombre d'unités géographiques pourra être finalisé.

Enfin, pour faire face aux défis posés par l'évolution rapide des habitats mentionnés dans la (cf. III. Limites identifiées), il est prévu que le suivi ne se soit pas appliqué sur les mêmes sites d'une année à l'autre. En effet, chaque année, de nouveaux sites seront prospectés, afin d'orienter le suivi vers l'occurrence de l'espèce et éviter l'écueil du suivi de l'évolution des habitats. Cette approche encourage également l'intérêt des bénévoles. En effet, la prospection de nouveaux sites, qui peut déboucher sur la découverte de l'espèce dans de nouveaux lieux, reste toujours motivante pour les naturalistes de l'association.

I.2 HABITATS

Le Campagnol amphibie peut vivre dans toutes sortes de milieux humides, pourvu qu'ils abritent une végétation herbacée hygrophile, principalement constituée de Joncs (*Juncus effusus*), mais aussi de *Carex* ou de *Phragmites*, par exemple (Pita et al., 2011 ; Rigaux, 2014). Cette végétation joue un rôle crucial en tant que source de nourriture et de protection pour les individus, en leur permettant un déplacement à l'abri des prédateurs (Román, 2007 ; Rigaux, 2014). La présence d'eau libre est également un élément important pour l'espèce (Rigaux, 2014). En effet, cette présence d'eau favorise la productivité et une appétence de la végétation aquatique et hygrophile (Román, 2007), et constitue le milieu privilégié pour l'accouplement des individus (Noblet, 2012). Bien qu'il puisse être présent dans des habitats sans eau libre en permanence, de tels cas restent minoritaires (Fedriani et al., 2002 ; Román, 2007). Les berges des cours d'eau abritant les populations de Campagnol amphibie doivent également présenter une microtopographie, soit un substrat situé au moins à 15 cm au-dessus du niveau de l'eau pour que le terrier reste au sec (Rigaux, 2014). En l'absence de berges, la présence d'une végétation offrant des abris protégés de l'eau pour faire un nid, comme des roselières ou des touradons de *Carex*,

est essentielle (Noblet, 2012 ; Rigaux, 2014). De plus, l'espèce préfère l'absence d'entretien excessif (fauche, pâturage, débroussaillage, etc.) du milieu à moins d'un mètre de la berge : un pâturage trop intensif, allant jusqu'à piétiner la berge, peut en effet entraîner l'écrasement des nids (Román, 2007 ; Noblet, 2012 ; Rigaux, 2014), tandis qu'une coupe trop proche du sol, peut, elle, réduire la couverture végétale du milieu (Pita et al., 2011 ; Noblet, 2012 ; Rigaux, 2014), privant ainsi le Campagnol amphibie d'une ressource alimentaire dense et d'un abri suffisant pour se protéger.

En conséquence, les habitats seront considérés comme très favorables à l'espèce lorsqu'ils présentent des caractéristiques distinctives : une végétation herbacée hygrophile, la présence d'eau libre, une microtopographie suffisante, ainsi qu'une absence de pratiques d'entretien excessives et récentes. Les habitats qualifiés de moyennement favorables à l'espèce sont ceux qui se distinguent de cette définition par l'absence d'au moins l'une des caractéristiques propres aux habitats très favorables, tout en présentant au minimum la présence d'une végétation herbacée hygrophile et l'absence d'un entretien excessif récent.

I.3 UNITE GEOGRAPHIQUE

Les données présentées dans l'Atlas en ligne, qui constitue l'outil actuellement employé pour la restitution des données régionales, sont représentées à l'échelle de carrés de 5 x 5 km. Dans une perspective de cohérence et de future intégration de ces données dans ledit outil, cette taille de maille a été retenue lors de l'établissement du nouveau protocole. Dans le but de délimiter des zones fonctionnelles pour l'espèce, ces mailles ont ensuite été subdivisées en fonction des sous-bassins hydrographiques. Par conséquent, chaque paire de sites prospectés est localisée dans le sous-bassin versant offrant le plus de sites potentiellement favorables pour chaque maille (Figure 4).

Les sites potentiellement favorables au Campagnol amphibie doivent être préalablement repérés en utilisant l'association du SCAN 25 (Figure 5.a) et de l'image satellite (Figure 5.b) pour identifier les zones humides au sein du ou des sous-bassins hydrographiques les plus étendues de la maille sélectionnée. L'utilisation du SCAN 25 associé à l'image satellite offre la possibilité de suivre le réseau hydrographique afin de détecter des zones non boisées abritant divers éléments tels que, des petits cours d'eau, des fossés, des étendues d'eau ou encore des prairies humides. Par la suite, les sites ainsi identifiés comme potentiellement favorables sont soumis à une visite sur le terrain, et conformément aux caractéristiques des habitats définies par le protocole (cf. I.2 Habitats), deux sites sont sélectionnés pour être prospectés, l'un comme habitat très favorable, l'autre comme habitat moyennement favorable. Le repérage initial des sites peut également être

réalisé directement sur le terrain, notamment pour les participants possédant une excellente connaissance de la zone à prospector et n'ayant pas nécessairement accès à de tels outils.

I.4 METHODE DE PROSPECTION

Les indices de présence de l'espèce facilement observables sont nombreux : les crotties, les empreintes, les chemins tracés dans la végétation (coulés), ainsi que les restes alimentaire (réfectoires) (Román, 2003 ; Rigaux & Charruau, 2007 ; Rigaux, 2015). Toutefois, contrairement aux autres indices, les crotties du Campagnol amphibie se distinguent nettement des autres espèces par leur taille, leur forme et la disposition des crottes, les rendant facilement identifiables

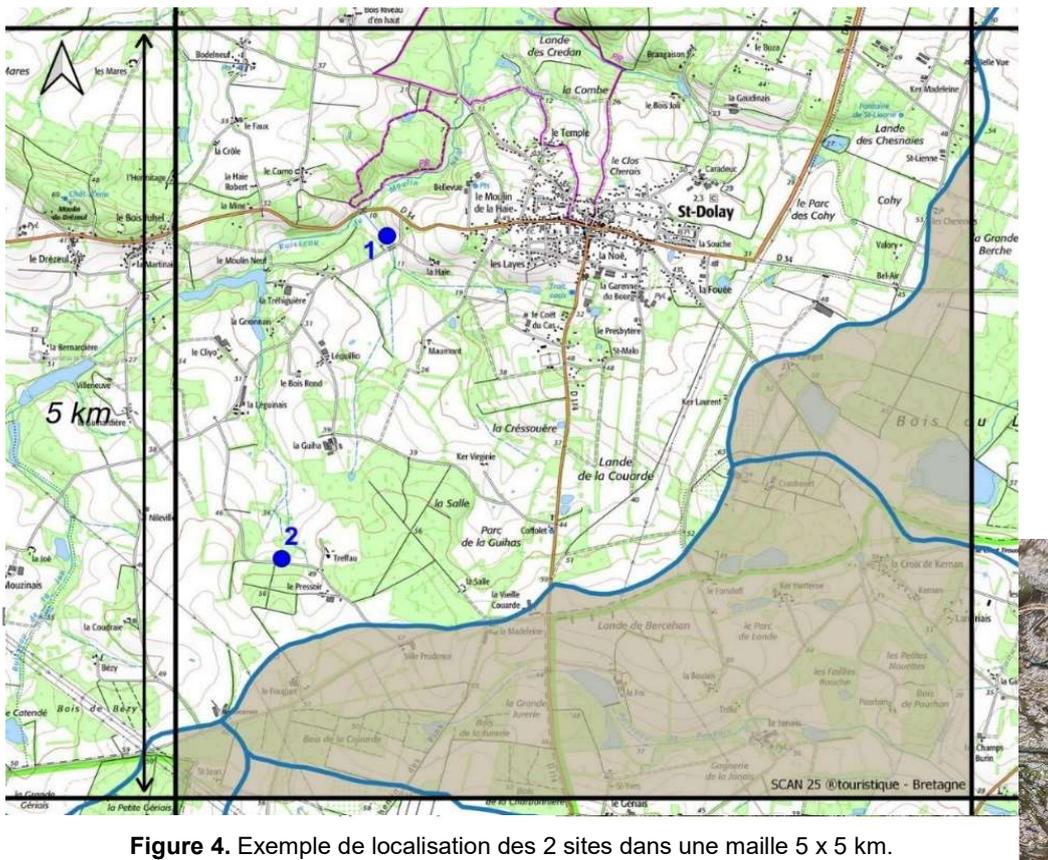


Figure 4. Exemple de localisation des 2 sites dans une maille 5 x 5 km.
© Alyssa Guiheneuf

Figure 5. Indices de présence du Campagnol amphibie (*Arvicola sapidus*).
a. Crottes © GMB, et b. Crottier © Alyssa Guiheneuf.

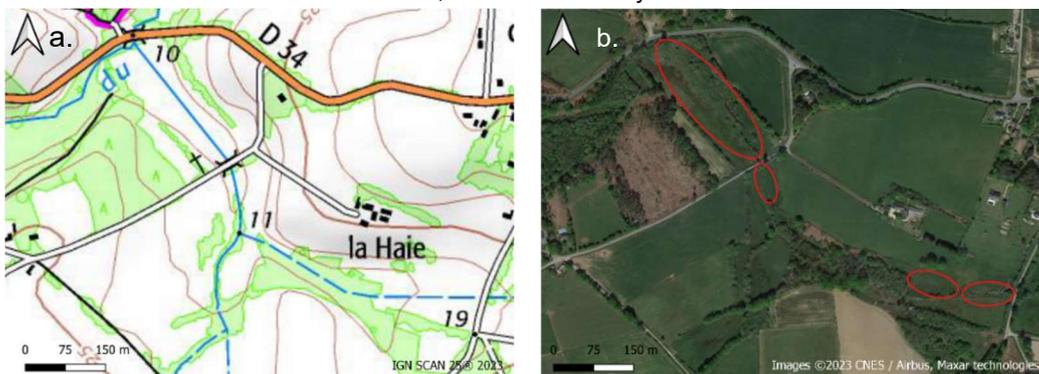


Figure 5. Détection d'habitats potentiellement favorables au Campagnol amphibie (*Arvicola sapidus*) dans le Morbihan, repérés à l'aide a. du SCAN 25 et b. de l'image satellite.
© Alyssa Guiheneuf

et détectables (Román, 2003 ; Rigaux et Poitevin, 2008 ; Rigaux, 2015). Les crottes (Figure 6.a) sont de forme cylindrique, avec des extrémités arrondies, une surface lisse et mesurent environ 10 mm de long sur 4 mm de large (Román, 2003 ; Rigaux, 2015). Elles sont généralement regroupées en crottiers (Figure 6.b), et bien que leur couleur principale soit le vert, elle peut varier jusqu'au brun (Román, 2003 ; Rigaux, 2015). La méthode de prospection adoptée repose donc sur la recherche des indices de présence, avec les crottes ou crottiers comme seul indice permettant de valider avec certitude la présence de l'espèce (Fedriani et al., 2002 ; Román, 2003 ; Rigaux et Poitevin, 2008 ; Rigaux, 2015). Cette approche consiste à chercher directement les indices de présence dans la végétation, le long des habitats favorables.

Bien que le domaine vital de l'espèce puisse varier en fonction de la configuration, linéaire ou non (Rigaux et al., 2009), les individus semblent occuper des tronçons de cours d'eau ne dépassant pas une centaine de mètres (Noblet, 2005 ; Rigaux et al., 2009 ; Le Campion, 2022). Ainsi, de la même façon que lors de l'enquête nationale, la recherche d'indices peut s'étendre sur une distance de 100 mètres le long du cours d'eau, avec une bande d'observation de 1 mètre dans les zones linéaires. Dans les zones non linéaires, la recherche peut s'étendre sur une surface de 100 m².

I.5 PERIODE DE PROSPECTION

La période de prospection la plus propice à la détection des indices de présence des campagnols du genre *Arvicola* correspond à leur période de reproduction, telle que mentionnée dans la (cf. III. Limites identifiées). Le Campagnol amphibie se reproduit principalement entre avril et septembre (Noblet, 2005 ; Román, 2007 ; Noblet, 2012). Durant cette période, il semble que les individus soient davantage confinés à leur site (Rigaux et al., 2009), ce qui facilite grandement leur détection. Pour ces raisons, la période de prospection de base retenue s'étend du mois d'avril jusqu'au moins de juin. Une deuxième période de prospection à tout de même été retenue, de septembre jusqu'à novembre. Cette période serait complémentaire à la première et serait menée sur les mêmes sites que ceux visités au printemps précédent. Cette démarche optionnelle pourrait, ainsi apporter des informations supplémentaires sur la période optimale de détection de l'espèce.

II. OUTILS D'AIDE A LA MISE EN ŒUVRE DU PROTOCOLE

II.1 CARTOGRAPHIE

Une cartographie de la Bretagne a été réalisée à l'aide du logiciel QGIS Geographic Information System version 3.22.11, afin de réaliser le découpage de la région. Le maillage 5 x 5 km a été directement fourni par le GMB. Toutes les mailles situées sur les îles bretonnes ou sur le littoral mais ayant une majeure partie dans l'espace maritime ont été supprimées, ce qui a donné un total de 1075 mailles pour l'ensemble de la Bretagne. Les 1075 mailles ont ensuite été subdivisées en fonction des sous-bassins hydrographiques obtenus à partir de BD TOPO® version 3.3 (IGN, 2023), aboutissant à 2887 unités pouvant faire l'objet d'un suivi.

II.2 FICHE DE TERRAIN

Dans le but de faciliter une collecte systématique et organisée des données, une fiche de terrain a été élaborée (Annexe 1). Cette fiche est structurée en différentes sections, chacune permettant la saisie des éléments essentiels pour chaque site prospecté. Elle permet ainsi de consigner le numéro de la maille et de sous bassins versants, la localisation géographique du site (coordonnées GPS), de fournir une description détaillée de la végétation présente et des pratiques de gestion en place. Lors de la visite sur le terrain, cette fiche permettra, grâce à ses différentes sections, de déterminer si le site peut être classé comme très favorable ou moyennement favorable. De plus, elle permet d'inscrire la présence ou l'absence de l'espèce ciblée, et la découverte de crotties ou d'autres indices de présence. En complément, la fiche permet également de noter toute éventuelle présence d'autres espèces de mammifères sur le site.

En complément de la fiche de terrain, il sera demandé aux bénévoles de fournir une photographie précise de la végétation, ainsi qu'une photographie plus globale de chaque site prospecté. Cette démarche vise à garantir une confirmation du classement des sites et ainsi une homogénéisation des informations collectées.

II.3 GUIDE DETAILLE DU PROTOCOLE

Un guide complet du protocole (Annexe 2) a été élaboré dans le but d'aider les participants à acquérir une vue d'ensemble clair du suivi et de tous ses éléments essentiels. Ainsi, ce guide intègre une description détaillée du protocole, mais aussi les caractéristiques approfondies sur les deux types d'habitats à prospecter. De plus, afin d'illustrer les attentes concernant les caractéristiques recherchées, des exemples d'habitats très favorables, moyennement favorables et défavorables ont été incorporés dans ce guide. Par ailleurs, une section dédiée à la présentation de la fiche de terrain a été élaborée, visant à permettre aux participants d'aborder le terrain en possédant une compréhension complète de son fonctionnement. Cette présentation vise à dissiper toute ambiguïté et à garantir que les participants n'aient aucuns doutes quant aux informations requises sur le terrain. De cette manière, le guide vise à créer un environnement de suivi où les participants peuvent être pleinement confiants dans leur compréhension et leur exécution du protocole.

II.4 FICHE DE PROTOCOLE SIMPLIFIE

Une fiche de protocole simplifiée (Annexe 3) a été élaborée dans l'objectif d'être aisément transportée sur le terrain. Cette fiche plus concise sert de complément au guide et aux sessions de formations, en offrant un soutien aux participants lors de la phase de terrain. Dans cette optique, elle ne contient que les informations essentielles du protocole, permettant aux participants de s'y référer en cas de besoin pendant leurs prospections.

Avant le démarrage des prospections, l'intégralité de ces outils sera mise à disposition des participants au suivi. Cette approche vise à garantir que les participants entament les prospections en étant bien préparés, en ayant accès à une variété d'outils pour les assister.

III. VALIDATION

III.1 TEST SUR LE TERRAIN

Le protocole proposé en (cf. I. Proposition de protocole), a été soumis à un test sur le terrain afin d'évaluer sa faisabilité et sa facilité de mise en œuvre, tant pour les salariés que pour les bénévoles impliqués. À cette fin, une phase de terrain de 11 jours a été planifiée entre mai et juillet. Les départements concernés par cette phase ont été le Finistère, l'Ille-et-Vilaine, le Morbihan, ainsi que la Loire-Atlantique. Ce choix de départements a visé à tester le protocole dans des zones présentant des niveaux d'abondance probablement différents. L'abondance était attendue plus élevée dans le Finistère, légèrement moindre dans le Morbihan et encore moins importante en Ille-et-Vilaine (Simonnet, 2015). La Loire-Atlantique a été intégrée au test étant donné la forte probabilité de mise en œuvre future du protocole dans ce département.

Avant chaque journée de terrain, des ensembles de mailles relativement proches les unes des autres, ont été sélectionnées. Dans chaque maille, le repérage du plus grand nombre possible de sites potentiellement favorables a été effectué. Cela a permis de choisir, pour chaque maille, le sous-bassin contenant le plus de ces sites potentiellement favorables. Par la suite, ces sites ont été visités jusqu'à ce que la prospection d'une paire de sites par maille soit complète. Un effort a été effectué pour couvrir autant de mailles que possible au cours de chaque journée sur le terrain.

Les ajustements nécessaires ont été réalisés progressivement au cours des journées de terrain, avec pour objectif d'optimiser la faisabilité et la cohérence du protocole. En parallèle de l'essai du protocole, la fiche de terrain a également été mise à l'épreuve. Des ajustements lui ont été apportés dans le but de créer un outil opérationnel et le plus efficace possible.

III.2 AJUSTEMENTS

Des échanges ont été engagés avec des membres du GMB dans le but de recueillir leurs retours et d'affiner davantage le protocole. Ces discussions ont également servi à planifier la mise en place future du protocole.

L'étape sur le terrain, associée à ces échanges a joué un rôle essentiel dans la validation et l'affinement du nouveau protocole de suivi du Campagnol amphibie, en tenant compte des contraintes pratiques rencontrées sur le terrain, ainsi que des contraintes spécifiques à l'association.

Des ajustements ont été apportés à la notion d'habitat très favorable, notamment en apportant des précisions sur la végétation herbacée hygrophile. Cette végétation doit être dense et atteindre une hauteur minimale de 30 cm pour qu'un habitat soit considéré comme très favorable. Cette clarification s'avère nécessaire pour caractériser de manière précise les habitats offrant un couvert végétal adéquat pour l'espèce (Fedriani et al., 2002 ; Haffner, 2007 ; Pita et al., 2013 ; Rigaux, 2014).

En outre, en ce qui concerne les zones linéaires, il est désormais possible d'effectuer des prospections sur des habitats favorables à partir d'une distance minimale de 20 mètres et toujours jusqu'à 100 mètres. En effet, les individus sont capables de rester cantonnés à seulement une vingtaine de mètres de cours d'eau favorables (Le Champion, 2022). Cette approche permet la prospection de linéaires de dimensions réduites, pourvu qu'ils offrent des conditions favorables sur toute leur longueur.

Une précision concernant la distance entre les paires d'habitats au sein d'une maille a également été apportée. Une distance minimale de 300 mètres de réseau hydrographique entre les deux sites est nécessaire afin de garantir la prospection de deux sites abritant des groupes distincts. En effet, les déplacements fréquents et réguliers des individus présents sur un site ne semblent pas dépasser les 200 mètres (Rigaux et al., 2009 ; Le Champion, 2022).

Enfin, compte tenu du nombre de mailles renfermant plusieurs sous-bassins hydrographiques, une nouvelle possibilité a été introduite pour de futures prospections. En effet, il sera désormais envisageable de réaliser des prospections distinctes dans différents sous-bassins au sein d'une même maille, à condition que ceux-ci abritent un nombre suffisamment important d'habitats favorables à l'espèce.

Ces divers ajustements ont conduit à l'élaboration du protocole final, qui a été validé par le GMB.

IV. PREMIERS RESULTATS

La phase de terrain a permis la prospection d'un total de 54 sites, répartis dans 27 mailles. Parmi ces mailles, 5 ont été explorées dans le Finistère, 15 dans le Morbihan, 4 en Ille-et-Vilaine

et 3 en Loire-Atlantique. De plus, 2 mailles en Ille-et-Vilaine ont été visitées, sans parvenir à localiser au moins l'un des 2 sites favorables.

Suite aux ajustements apportés au protocole, un total de 4 mailles a été retiré du suivi, car elles ne répondaient plus aux critères du protocole. Dans un premier temps, deux mailles ont été supprimées, une dans le Morbihan et une en Ille-et-Vilaine, car les sites étaient trop proches l'un de l'autre, ce qui ne correspondait plus aux attentes du protocole. Ensuite, deux autres mailles ont été exclues, cette fois-ci dans le Morbihan et le Finistère, car la végétation des sites très favorables n'était pas suffisamment dense pour correspondre aux nouvelles caractéristiques du protocole.

Cette phase sur le terrain a ainsi permis la prospection d'un total de 23 mailles qui ont été conservées pour le suivi de l'espèce (Tableau 1 ; Figure 7).

Tableau 1. Résultats des prospections lors de la phase de terrain (TF : très favorable).

Région	Pourcentage de mailles positives	Pourcentage de sites positifs	Type de sites positifs
Finistère	50 %	25 %	TF
Morbihan	46 %	23 %	TF
Ille-et-Vilaine	33 %	17 %	TF
Loire-Atlantique	66 %	33 %	TF
TOTAL	48%	24 %	

Au cours de cette phase, en moyenne, 3 mailles ont été prospectés chaque jour sur le terrain. Toutefois, cette moyenne est totalement tributaire du temps nécessaire pour localiser les habitats favorables à la prospection. En moyenne, dans des départements tels que l'Ille-et-Vilaine, où les sites favorables sont plus difficiles à trouver, la moyenne est plutôt de 2 mailles par jour. En revanche, dans le Finistère, où la surface des habitats favorables est plus importante, la moyenne est plutôt de 4 mailles par jour.

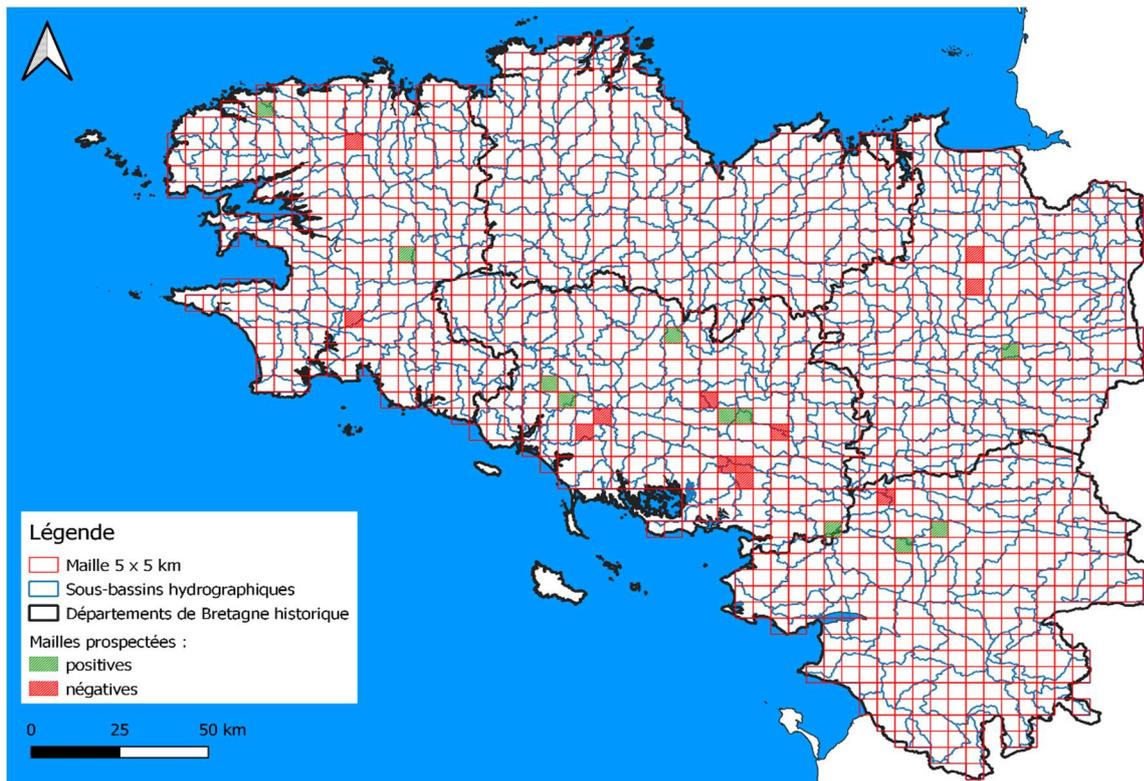


Figure 7. Mailles positives et négatives des départements de la Bretagne historique.
(positive : présence de l'espèce sur au moins un des sites ; négative : absence de l'espèce).
© Alyssa Guiheneuf

DISCUSSION

L'objectif de cette étude a consisté en l'élaboration d'un protocole de suivi du Campagnol amphibie basé sur les connaissances déjà existantes, en vue de produire des données relatives à l'évolution des populations de cette espèce en Bretagne.

Au cours des prospections sur le terrain, il a été remarqué que la découverte de milieux favorables pouvait être difficile dans certains secteurs de Bretagne. Cette difficulté pourrait notamment être due à la dégradation des habitats favorables à l'espèce (« Zones humides : État des lieux », 2023). Des zones telles que l'Ille-et-Vilaine ont notamment semblé moins propices à l'identification des deux habitats favorables dans une maille, ce qui pourrait en partie être expliqué par la dégradation des zones humides potentielles de ce département (Dausse, 2020). La recherche d'habitats favorables peut donc s'avérer complexe pour les participants au suivi dans certains secteurs, et pourrait ainsi entraver la mise en œuvre efficace du protocole dans ces zones. Toutefois, l'allègement et la simplification du nouveau protocole, pourrait atténuer ces contraintes par rapport à l'ancien protocole.

La caractérisation des habitats est une autre limite potentielle à l'application du protocole, étant donné le potentiel biais observateur (cf. III. Limites identifiées). Afin de prendre en compte cette limite, une attention particulière a été portée à la description détaillée des deux types d'habitats favorables (cf. I.2 Habitats). En effet, pour contourner ce biais, il a été choisi de supprimer l'une des caractéristiques de l'habitat très favorable afin de définir l'habitat moyennement favorable. Cette adaptation permet de créer une distinction claire et facile à appliquer sur le terrain. Par ailleurs, pour assurer une meilleure standardisation dans la sélection de ces habitats, il est essentiel de soumettre leurs caractéristiques à la confirmation d'experts. Cette démarche contribuera à améliorer la qualité des données en minimisant les variations potentielles liées à l'interprétation individuelle des caractéristiques des habitats.

La faisabilité de ce protocole sur le terrain dans un contexte de suivi participatif était un point primordial à garantir durant sa construction. La mise en place d'un suivi participatif du Campagnol amphibie à l'échelle régionale repose en effet en grande partie sur la participation active de nombreux volontaires. Le succès de ce suivi dépend directement de la quantité de participants impliqués, un nombre élevé de participants étant susceptible d'accroître les chances de succès. Ainsi, le protocole a été conçu pour être compréhensible par les non spécialistes, et plus simple et applicable que son prédécesseur, tout en prenant en compte les objectifs attendus ainsi que les caractéristiques spécifiques de l'espèce étudiée. Néanmoins, malgré la simplification des prospections sur le terrain, une incertitude subsiste quant au nombre potentiel de futurs participants. Or, la variation de la participation à travers le territoire est une limite à l'application de ce protocole, dont il est nécessaire de tenir compte. Il est envisageable que certains secteurs soient davantage prospectés que d'autres en raison d'une répartition inégale des observateurs, et donc des observations. Par conséquent, lors de la détermination des zones à prospecter, la sollicitation

des salariés du GMB est suggérée afin de combler les lacunes dans les zones moins couvertes par les volontaires.

Ce protocole de suivi, étant adapté à l'espèce et ayant résolu les problèmes rencontrés avec le protocole précédent, peut s'avérer utile même en cas de difficultés rencontrées durant sa mise en œuvre (cf. III. Limites identifiées). En effet, le protocole fournit des informations significatives sur la répartition de l'espèce dans la région, en plus d'informations sur les effectifs précis. Les éventuels obstacles à l'application du protocole, tels que l'accès aux habitats ou les variations de participation, n'altéreraient pas la valeur des données collectées à propos de la répartition générale. En fin de compte, malgré les éventuels problèmes, le protocole de suivi resterait un atout majeur pour approfondir la compréhension de cette espèce en Bretagne.

De plus, le protocole vise à simplifier la collecte des données en ne prenant en compte que certaines variables environnementales. Cette approche vise à standardiser le protocole et à faciliter le relevé des variables par les volontaires. Parmi ces variables, les données concernant la végétation et le type de gestion des sites prospectés ont été sélectionnées, car elles sont relativement accessibles aux participants non spécialistes. Cependant, l'intégration de données additionnelles relatives à d'autres variables, comme le régime hydrique et la composition chimique de l'eau, pourrait potentiellement fournir des informations pertinentes pour mieux comprendre l'habitat de l'espèce (Rigaux, 2015).

Les données obtenues lors de la mise en place du protocole de suivi sont présentées sous la forme de présence/absence (0 ou 1) de l'espèce sur un site. Bien que les estimations d'abondance soient traditionnellement employées, ces dernières requièrent souvent davantage de ressources et d'efforts que l'estimation de l'occupation des sites (site occupancy) (MacKenzie et al., 2002). Dans le contexte du suivi, les probabilités d'occupation des sites peuvent servir de mesure reflétant l'état actuel de la population (MacKenzie et al., 2003). Afin de réaliser une analyse approfondie de ces données recueillies via l'estimation de l'occupation des sites, il devient crucial de calculer la probabilité de détection de l'espèce (MacKenzie et al., 2002). En effet, bien que la détection indique la présence de l'espèce, la non-détection n'équivaut pas toujours à l'absence de l'espèce, et en l'absence de prise en compte de cette détection imparfaite, il pourrait en découler une sous-évaluation de l'occupation du site (MacKenzie et al., 2003 ; MacKenzie et al., 2006). Le calcul de cette probabilité serait essentiel pour estimer le taux d'occupation de l'espèce et ainsi caractériser l'évolution des populations de Campagnol amphibie en Bretagne. Par conséquent, des prospections répétées s'avèrent nécessaires pour estimer les probabilités de détection. Dans le cas où chaque site ne serait prospecté qu'une seule fois durant la période définie, la probabilité de détection ne serait pas précise, engendrant ainsi des estimations biaisées (MacKenzie et al., 2003). Dans ce but, l'approche proposée par MacKenzie et al. (2002) consiste à effectuer des répétitions de prospection sur certains sites sélectionnés aléatoirement pendant une courte période lors de la saison la plus propice à la détection de l'espèce. La détection ou non de l'espèce serait enregistrée à chaque visite, permettant ainsi d'utiliser un modèle pour calculer la probabilité de détection de

l'espèce et donc d'estimer l'occupation des sites. À l'avenir, il sera donc indispensable de calculer cette probabilité de détection pour analyser au mieux les données collectées durant le suivi.

Du fait de la nécessité de collecter des données sur plusieurs années, celles obtenues pendant cette étude (cf. IV Premiers résultats) n'ont pas été soumises à des analyses statistiques. Il serait nécessaire d'envisager le calcul du nombre minimum de sites et d'années requis pour assurer une analyse suffisamment puissante.

Malgré les tests réalisés sur le terrain, ce protocole n'a pas encore pu être évalué par de futurs volontaires bénévoles. L'expérimentation de ce protocole durant la période automnale complémentaire, à l'aide de bénévoles possédant une connaissance relativement approfondie de l'espèce, est donc la prochaine étape. Cette étape offrira une meilleure compréhension de l'application pratique du protocole pour les participants à venir. De plus, cette phase de test pourrait également engendrer des ajustements nécessaires pour une mise en œuvre optimale du protocole lors du printemps suivant.

En préparation de cette période de prospection, il serait envisageable de dispenser des formations aux participants. Ces formations s'avèrent essentielles, tant pour les nouveaux participants peu familiers avec l'espèce que pour les volontaires les plus expérimentés. Il est important, dans la mesure du possible, de doter les observateurs de compétence de détection similaires (MacKenzie et al., 2003) pour garantir une cohérence dans les observations, ainsi qu'un engagement accru des participants (Rigaux, 2015).

Dans le futur, si ce protocole se trouve être un succès, il pourrait être intéressant de l'élargir à d'autres régions qui accueillent l'espèce, afin d'obtenir, à termes, un suivi plus global sur son aire de répartition. Un suivi global de cette espèce pourrait permettre une meilleure connaissance des causes de son probable déclin et donc la mise en place de mesures de gestion si cela s'avérait nécessaire.

CONCLUSION

Le but de cette étude a consisté à élaborer un protocole de suivi du Campagnol amphibie, plus adapté que le précédent, en vue de produire des données permettant d'évaluer les tendances d'évolution des populations de l'espèce. Un certain nombre de limites entravant l'efficacité de l'ancien protocole utilisé pour le suivi de l'espèce ont été identifiées. Des contraintes de temps dues à des difficultés de mise en œuvre, des sites défavorables et des lacunes dans la collecte de données ont entravé la compréhension complète de l'évolution des populations de Campagnol amphibie en Bretagne. Ces limites ont été des facteurs moteurs dans la création du nouveau protocole, plus robuste et proposant une approche participative et standardisée. L'une des nouveautés clés de ce protocole est la sélection de paires d'habitats favorables dans chaque zone géographique, permettant ainsi de suivre les populations dans des contextes propices à l'espèce tout en simplifiant le travail des volontaires. En outre, la définition précise de ces habitats favorables, basée sur des caractéristiques spécifiques telles que la végétation hygrophile et la présence d'eau libre, garantit une évaluation plus objective de la présence de l'espèce. Le protocole tient également compte de la période de reproduction du Campagnol amphibie, optimisant ainsi les chances de détection lors des prospections. Bien que des défis subsistent, tels que la variabilité de la participation des volontaires et à la disponibilité des habitats favorables, ce nouveau protocole représente un pas en avant dans le suivi et donc la conservation du Campagnol amphibie en Bretagne. Son application réussie pourrait même servir de modèle pour élargir le suivi à d'autres régions, contribuant ainsi à une meilleure compréhension globale (à échelle internationale) de la répartition et de la conservation de cette espèce.

BIBLIOGRAPHIE

- Arthur, M. L. (2008). *Problems with Monitoring the Water Vole (Arvicola terrestris) in Warwickshire: Misidentification or Behaviour Change ?* (Thèse). Coventry University.
- Augier, A., Dexet, P., & Magueur, A. et al. (2022). *L'enfrichement des milieux humides en Bretagne. Les enjeux de biodiversité, les usages et représentations* (p. 130). Programme EcoFriche - rapport phase 2.
- Aulagnier, S., Haffner, P., Mitchell-Jones, A. J., Moutou, F., & Zima, J. (2020). *Mammifères d'Europe, d'Afrique du Nord et du Moyen-Orient* (Enlarged edition). Delachaux et Niestlé.
- Cowie, R. H., Bouchet, P., & Fontaine, B. (2022). The Sixth Mass Extinction: fact, fiction or speculation? *Biological Reviews*, 97, 640-663.
- Dallmeier, F., Szaro, R. C., Alonso, A., Comiskey, J., & Henderson, A. (2013). Framework for Assessment and Monitoring of Biodiversity. In S. A. Levin (Éd.), *Encyclopedia of Biodiversity (Second Edition)* (Vol. 3, p. 545-559). Waltham: Academic Press.
- Dausse, A. (Coord.). (2020). *Les zones humides de Bretagne* (p. 106). Forum des Marais Atlantiques.
- Fedriani, J. M., Delibes, M., Ferreras, P., & Román, J. (2002). Local and landscape habitat determinants of water vole distribution in a patchy Mediterranean environment. *Écoscience*, 9, 12-19.
- Germis, G., Arago, M., Levet, L., Thouvenot, E., Briand, C., & Baglinière, J. L. (2013). Etat des lieux des cours d'eau bretons. In *Plan de gestion des poissons migrateurs Bretagne 2013 - 2017* (p. 29-48).
- Haffner, P. (2007). *Evaluation du statut du Campagnol amphibie (Arvicola sapidus) en France métropolitaine* (p. 14). Rapport MNHN – S.P.N. / MEDAD.
- Hellawell, J. M. (1991). Development of a rationale for monitoring. In B. Goldsmith (Éd.), *Monitoring for Conservation and Ecology* (p. 1-14). Dordrecht: Springer Netherlands.
- INPN. (2021). *La Biodiversité en France - 100 chiffres expliqués sur les espèces* (p. 52). UMS PatriNat (OFB-CNRS-MNHN), Paris.
- Julliard, R. (2017). Science participative et suivi de la biodiversité : l'expérience Vigie-Nature. *Natures Sciences Sociétés*, 25, 412-417.
- Lamkin, M., & Miller, A. (2016). On the Challenge of Comparing Contemporary and Deep-Time Biological-Extinction Rates. *BioScience*, 66, 785-789.
- Le Campion, T. (coord.). (2022). *Contrat Nature Mammifères menacés et à enjeux de connaissance en Bretagne* (p. 99). Groupe Mammalogique Breton, Bilan année 2.
- Le Louarn, H., & Saint-Girons, M. C. (1977). *Les Rongeurs de France, faunistique et biologie*. Paris: Institut national de la recherche agronomique (INRA).
- Lemarchand, C., Rosoux, R., Talon, C., & Berny, P. (2014). Flagship Species Conservation and Introduced Species Invasion : Toxic Aspects Along Loire River (France). In M. L. Larramendy & S. Soloneski (Éds.), *Pesticides*. Rijeka: IntechOpen.
- MacKenzie, D. I., Nichols, J. D., Lachman, G. B., Droege, S., Andrew Royle, J., & Langtimm, C. A. (2002). Estimating Site Occupancy Rates When Detection Probabilities Are Less Than One. *Ecology*, 83, 2248-2255.
- MacKenzie, D. I., Nichols, J. D., Hines, J., Knutson, M., & Franklin, A. (2003). Estimating site occupancy, colonization, and local extinction when a species is detected imperfectly. *Ecology*, 84, 2200-2207.
- MacKenzie, D. I., Nichols, J. D., Royle, J. A., Pollock, K. H., Bailey, L. L., & Hines, J. E. (2006). *Occupancy Estimation and Modeling. Inferring patterns and dynamics of species occurrence*. USA: Academic Press.

- Mate, I., Barrull, J., Salicrú, M., Ruiz-Olmo, J., & Gosálbez, J. (2013). Habitat selection by Southern water vole (*Arvicola sapidus*) in riparian environments of Mediterranean mountain areas: a conservation tool for the species. *Acta Theriologica*, 58, 25-37.
- Météo-France. (2012). *Le changement climatique en Bretagne* (p. 85). Météo-France, Etude réalisée pour le Conseil Régional de Bretagne.
- Noblet, J. F. (2005). Sauvons le Campagnol amphibie. *Nature et Humanisme*, 24.
- Noblet, J. F. (2012). Sauvons le Campagnol amphibie. *Le Courrier de la nature*, 267, 30-35.
- Observatoire de l'environnement en Bretagne, Océanopolis Brest, GMB, & Bretagne vivante. (2015). *Liste rouge régionale & Responsabilité biologique régionale - Chapitre Mammifères de Bretagne*.
- Pimm, S. L., Jenkins, C. N., & Abell, R. et al. (2014). The biodiversity of species and their rates of extinction, distribution, and protection. *Science*, 344, 1246752.
- Pimm, Stuart L., & Raven, P. H. (2019). The State of the World's Biodiversity. In P. Dasgupta, P. H. Raven, & A. McIvor (Éds.), *Biological Extinction: New Perspectives* (p. 80-112). Cambridge: Cambridge University Press.
- Pita, R., Mira, A., & Beja, P. (2011). Assessing habitat differentiation between coexisting species: The role of spatial scale. *Acta Oecologica*, 37, 124-132.
- 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, 12.
- Reid, W. V. (1992). How many species will there be ? In *Tropical deforestation and species extinction* (Vol. 55, p. 55-73).
- Rigaux, P. (2014). The habitat of the water vole *Arvicola sapidus* Miller, 1908 in France: description and conservation. *Munibe Monographs. Nature Series*, 3, 93-100.
- Rigaux, P. (2015). *Les campagnols aquatiques en France - Histoire, écologie, bilan de l'enquête 2009-2014* (p. 164). SFPEM.
- Rigaux, P., Chalbos, M., Auvity, F., Braure, E., & Trouillet, S. (2009). *Eléments sur la densité locale et l'utilisation de l'espace du campagnol amphibie (Arvicola sapidus) : exemple de trois sites en Auvergne* (p. 22). Groupe Mammalogique d'Auvergne, rapport d'étude.
- Rigaux, P., & Charruau, P. (2007). *Le Campagnol amphibie Arvicola sapidus dans le bassin versant de la Sioule (Allier, Puy-de-Dôme et Creuse). Etat de la population, influence de facteurs naturels et anthropiques, et apport général à l'étude des populations* (p. 55). Groupe Mammalogique d'Auvergne, rapport d'étude.
- Rigaux, P., & Poitevin, F. (2008). *Enquête nationale Campagnol amphibie (Arvicola sapidus) - Protocole* (p. 8). SFPEM.
- Rockström, J., Steffen, W., & Noone, K. et al. (2009). A safe operating space for humanity. *Nature*, 461, 472-475.
- Román, J. (2003). Rata de Agua, *Arvicola sapidus* Miller, 1908. Guía de indicios de los mamíferos de la Península Ibérica, Islas Baleares y Canarias. *Galemys*, 15, 55-59.
- Román, J. (2007). *Historia natural de la rata de agua (Arvicola sapidus) en Doñana* (Thèse). Universidad Autónoma de Madrid.
- Sage, R. F. (2019). Global change biology: A primer. *Global Change Biology*, 26, 3-30.
- Saint-Girons, M. C. (1994). Les Mammifères. In H. Maurin & P. Keith, *Inventaire de la faune menacée en France : le livre rouge* (p. 18-43). WWF, Museum national d'Histoire naturelle (MNHN) & Nathan.

- Sala, O. E., Stuart Chapin, F., & Armesto, J. J. et al. (2000). Global Biodiversity Scenarios for the Year 2100. *Science*, 287, 1770-1774.
- Silvertown, J. (2009). A new dawn for citizen science. *Trends in ecology & evolution*, 24, 467-471.
- Simonnet, F. (Coord.). (2015). *Atlas des Mammifères de Bretagne*. Locus Solus.
- Tittensor, D., Walpole, M., & Hill, S. et al. (2014). A mid-term analysis of progress toward international biodiversity targets. *Science*, 346, 241-244.
- UICN France, MNHN, SFEPM, & ONCFS. (2017). *La Liste rouge des espèces menacées en France - Chapitre Mammifères de France métropolitaine*. Paris, France.
- Woodroffe, G., Lawton, J., & Davidson, W. (1990). Patterns in the production of latrines by the water vole (*Arvicola terrestris*) in the North Yorkshire Moors and their use as indices of abundance in population surveys. *Journal of Zoology*, 220, 439-445.

SITOGRAPHIE

Arrêté du 8 juillet 2003 relatif à la lutte contre le Ragondin et le Rat musqué en particulier aux conditions de délivrance et d'emploi d'appâts empoisonnés. (2003). Consulté 17 août 2023, à l'adresse Légifrance website:

<https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000000779354?r=KsIKZ5cnyp>

Arrêté du 23 avril 2007 fixant la liste des mammifères terrestres protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection. (2019). Consulté 26 juillet 2023, à l'adresse Légifrance website:

<https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000000649682>

Commissariat général au développement durable. (2020). La connaissance de la biodiversité. Consulté 31 juillet 2023, à l'adresse notre-environnement website: <http://www.notre-environnement.gouv.fr/themes/biodiversite/article/la-connaissance-de-la-biodiversite>

Décret n° 2019-1400 du 17 décembre 2019 adaptant les orientations nationales pour la préservation et la remise en bon état des continuités écologiques. (2023). Consulté 21 juillet 2023, à l'adresse Légifrance website:

<https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000039645239>

Espèces exotiques envahissantes - Comment évolue la situation des espèces exotiques envahissantes ? (2022). Consulté 30 juillet 2023, à l'adresse Naturefrance website: <http://naturefrance.fr/especes-exotiques-envahissantes>

Garnier, L. (2014). Quelle est la différence entre suivre une espèce et inventorier une espèce ? Consulté 2 août 2023, à l'adresse Vigie-nature website:

<https://www.vigienature.fr/fr/actualites/quelle-est-difference-entre-suivre-espece-inventorier-espece-3176>

Rigaux, P., Vaslin, M., Noblet, J.-F., Amori, G., & Palomo, L. J. (2008). *Arvicola sapidus*. The IUCN Red List of Threatened Species. Consulté 18 juillet 2023, à l'adresse IUCN Red List of Threatened Species website:

<https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T2150A9290712.en>.

Suivis de populations. (s. d.). Consulté 31 juillet 2023, à l'adresse Inventaire Régional du Patrimoine Naturel des Hauts-de-France website: <https://irpn.drealnfdc.fr/suivis-de-population/>

Zones humides : Etat des lieux. (2023). Consulté 20 juin 2023, à l'adresse Zones-humides website: <http://www.zones-humides.org/milieus-en-danger/etat-des-lieux>

ANNEXES

ANNEXE 1. Fiche de terrain finale



Carré n° :

Sous-bassin n° :



SUIVI RÉGIONAL DU CAMPAGNOL AMPHIBIE

Date : Observateur(s) :

Localisation du Site : x/long : y/lat :

Description du Site (Zone prospectée de 20 à 100 m ou de 100 m²) :

Type de milieu :

<input type="checkbox"/> ruisseau/rivière	<input type="checkbox"/> canal/chenal	<input type="checkbox"/> fossé/drain
<input type="checkbox"/> lac	<input type="checkbox"/> étang	<input type="checkbox"/> mare
<input type="checkbox"/> zone humide <small>(sans cours d'eau défini)</small>	→ <input type="checkbox"/> prairie	<input type="checkbox"/> tourbière <input type="checkbox"/> marais

Eau libre : présence absence

Végétation dominante :

hygrophile : jonc carex phragmite

diversifiée :

mésophile → avec forte présence de : jonc carex phragmite

arborée →

Type de gestion : pâturage ↓ fauche libre évolution

type de bétail : bovin équin ovin caprin

accès au cours d'eau : ponctuel (points d'abreuvement) continu (linéaire)

Microtopographie : présence absence

Site : Très favorable Moyennement favorable

Campagnol amphibie : Présent Absent

Indices observés : Crottiers Coulées Réfectoires Empreintes

Densité (sur 100 m²) :

Rares (1 à 2 crottiers ou réfectoires ou crotte isolée, absence de coulées)

Clairsemés (quelques crottiers et réfectoires, coulées discrètes et localisées)

Fréquents (crottiers et réfectoires bien présents, coulées marquées)

Abondants (crottiers et réfectoires omniprésents, coulées très apparentes)

Autres espèces :

Type de contact →	fèces	empreintes	restes repas	obs. directe	autres
<input type="checkbox"/> Camp. « type » agreste	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Ragondin	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Rat musqué	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Rat surmulot	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Type de gestion du site élargie connexe à la zone prospectée : pâturage fauche libre évolution

Remarques :

ANNEXE 2. Guide détaillé du protocole



PROTOCOLE DE SUIVI RÉGIONAL DU CAMPAGNOL AMPHIBIE

Période de réalisation : avril - juin

Méthode générale:

- Mise en place d'un maillage de 5x5 km découpé en fonction des sous-bassins hydrographiques (Figure 1) ;
- Prospection d'une paire de sites favorables sur chaque maille et description des sites grâce à la fiche de terrain ;
- Prospection de nouveaux sites tous les ans.

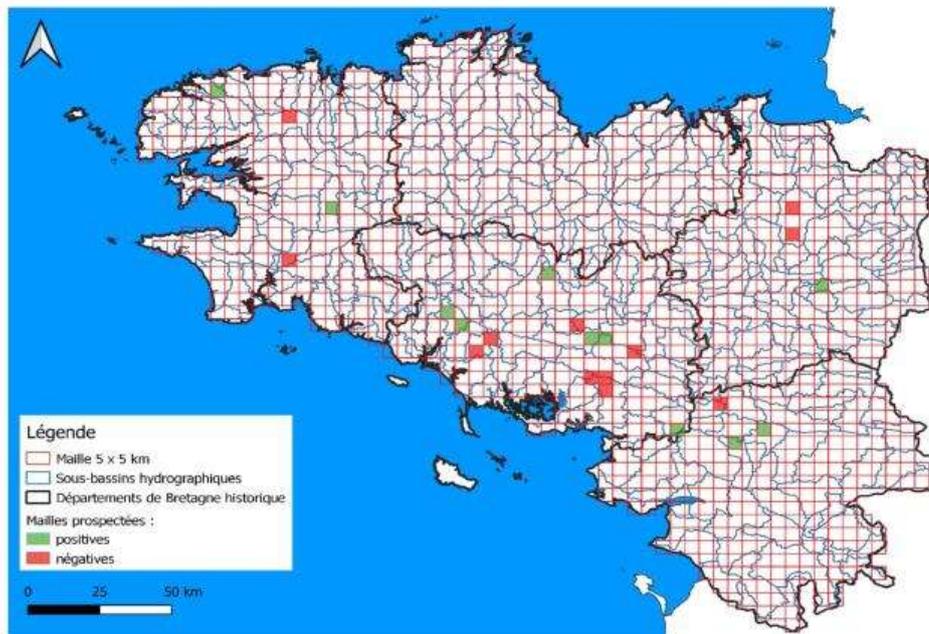


Figure 1. Carte du maillage 5 x 5 km et des sous-bassins hydrographiques, et zoom sur une maille prospectée.

Choix des sites :

- Le choix de la maille est effectué par le participant en concertation avec le GMB ;
- Les sites potentiellement favorables au Campagnol amphibie doivent être préalablement repérés au sein de la maille à l'aide du SCAN 25 et de l'image satellite ;
 - Suivre le réseau hydrographique sur le SCAN 25 (Figure 2.a) ;
 - Détecter sur l'image satellite, des zones humides non boisées abritant divers éléments tels que, des petits cours d'eau, des fossés, des étendues d'eau ou encore des prairies (Figure 2.b).

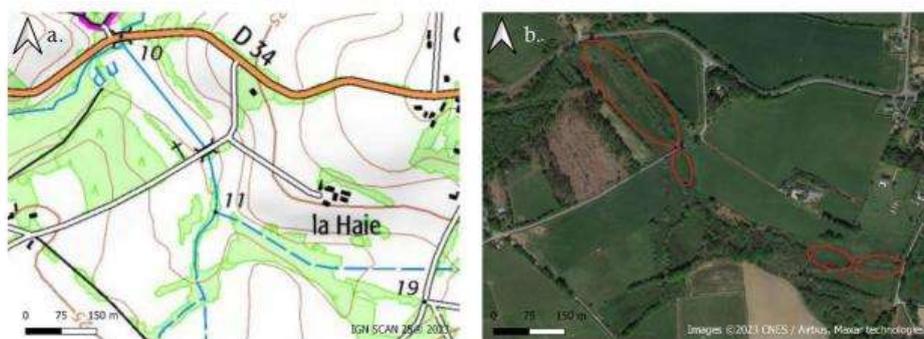


Figure 2. Détection d'habitats potentiellement favorables au Campagnol amphibie, repérés à l'aide :
a. du SCAN 25 et b. de l'image satellite.

- Dans la maille choisie le sous-bassin versant sélectionné est celui possédant le plus de sites potentiellement favorables, par exemple :
 - le seul sous-bassin au sein de la maille (Figure 3.a) ;
 - le plus grand parmi plusieurs sous-bassin au sein de la maille (Figure 3.b) ;
 - plusieurs sous-bassins au sein de la maille dont deux avec approximativement la même taille (Figure 3.c) ;
- Le repérage initial des sites peut également être réalisé directement sur le terrain, notamment pour les participants possédant une excellente connaissance de la zone à prospecter et n'ayant pas nécessairement accès à de tels outils. Dans ce cas-là le choix du sous-bassin hydrographique doit se faire avant la phase de terrain ;
- Les sites identifiés comme potentiellement favorables sont soumis à une visite sur le terrain, afin de trouver deux sites :
 - Un très favorable (exemples 1 à 6) :
 - Présence d'une végétation hygrophile dense et haute (min 40 cm), servant de nourriture et protection contre les prédateurs, principalement du Jonc, *Carex* ou *Phragmite* ;
 - Présence d'eau libre car milieu privilégié de l'espèce ;
 - Présence d'une microtopographie (berge de 15 cm minimum ou de touradons), afin d'avoir des terriers ou nids au sec ;
 - Absence d'entretien (fauche et pâturage) trop sévère et trop récent de la végétation.
 - Un moyennement favorable (exemples 7 à 12) :
 - Présence d'une végétation herbacée hygrophile haute (min 40 cm) ;
 - Absence d'un entretien trop sévère et trop récent de la végétation ;
 - Absence d'au moins l'une des caractéristiques propres aux habitats très favorables.
- Une distance minimale de 300 mètres de réseau hydrographique entre les deux sites est nécessaire afin de garantir la prospection de deux sites abritant des groupes distincts.



Figure 3. Choix du sous-bassin hydrographique : a. le seul de la maille, b. le plus grand de la maille ou c. celui possédant le plus d'habitats potentiellement favorables parmi les plus grands.

Prospection des sites :

- Prospection sur un linéaire de 20 à 100 m de long ou sur une surface de 100 m² ;
- Recherche des indices de présence dans la végétation et sur les berges le long des habitats favorables ;
- Les indices de présence sont :
 - les crottes généralement regroupées en crottiers (Figure 4.a ; Figure 4.b) ;
 - les empreintes (Figure 4.c) ;
 - les terriers ou nids (Figure 4.d) ;
 - les chemins tracés dans la végétation (coulés) (Figure 4.e) ;
 - les restes alimentaires (réfectoires) (Figure 4.f).
- Quitter le site lorsqu'un indice de présence (crottiers exclusivement) a été trouvé ;
- En cas d'absence d'indices sur la zone favorable, le site est considéré comme négatif ;
- Noter la présence d'autres espèces, ainsi que leurs indices.



Figure 4. Indices de présence : a. Crottes, b. crottier, c. empreintes, d. galerie, e. coulée et f. réfectoire. Pour plus de précisions se référer au guide des indices de présence du Campagnol amphibie du GMB

PRÉSENTATION DE LA FICHE DE TERRAIN

La fiche de terrain du suivi Campagnol amphibie sert à signaler les observations d'indices de présence de l'espèce, mais aussi à indiquer l'absence d'indices et à décrire le site de la prospection et ses circonstances. La prospection d'une maille devra donc contenir deux fiches de terrains remplies à retourner au GMB, l'une pour l'habitat très favorable et l'une pour l'habitat moyennement favorable. Tous les encadrés concernant le site doivent impérativement être remplis. Des photos de la végétation et du milieu global du site sont aussi à retourner au GMB

Le numéro de sous-bassin sera ajouté par le GMB

Indiquer le numéro de la maille 5x5 km

Indiquer les informations concernant seulement la surface de la zone prospectée

Indiquer la présence ou non d'une berge en relief ou de touradons sur la zone prospectée

Indiquer lequel des deux sites est prospecté en fonction de la description

Indiquer la présence ou non de l'espèce

Indiquer les indices retrouvés, ainsi que la densité des crottiers

Indiquer la présence d'autres espèces de mammifères

Indiquer le ou les types de gestion sur l'ensemble du milieu connexe à la zone de prospection

Indiquer le centroïde de la zone de prospection

Indiquer la présence ou non de l'espèce

Indiquer les indices retrouvés, ainsi que la densité des crottiers

Indiquer la présence d'autres espèces de mammifères

Indiquer le ou les types de gestion sur l'ensemble du milieu connexe à la zone de prospection

Remarque

LIBRE DE MAMMALOGIE BRETON - MAISON DE LA RIVIÈRE - 29 450 SIZUN

EXEMPLES D'HABITATS :

TRÈS FAVORABLES



1 Prairie à jones et ruisseau favorable



2 Queue d'étang avec touradons favorable



3 Cours d'eau favorable



4 Tourbière favorable



5 Berge favorable



6 Bande de végétation favorable

MOYENNEMENT FAVORABLES



7 Fossilé de drainage favorable sans eau libre



8 Prairie favorable partiellement pâturée



9 Berge favorable à végétation peu dense



10 Fossilé favorable sans eau libre



11 Bande de végétation favorable sans eau libre



12 Végétation favorable sans eau libre

DÉFAVORABLES



13 Entretien trop sévère de la végétation



14 Berge piétinée par le bétail



15 Cours d'eau forestier



16 Végétation banalisée



17 Berge érodée



18 Berge enrochée

ANNEXE 3. Protocole simplifié



PROTOCOLE DE SUIVI RÉGIONAL DU CAMPAGNOL AMPHIBIE

Période de réalisation : avril - juin

Méthode générale:

- Maillage de **5x5 km** + découpage par **zones hydrographiques** (Cartes fournies) ;
- Prospection d'une **paire de sites favorables** sur chaque maille et description des sites grâce à la fiche de terrain ;
- Prospection de nouveaux sites tous les ans.

Choix des deux sites :

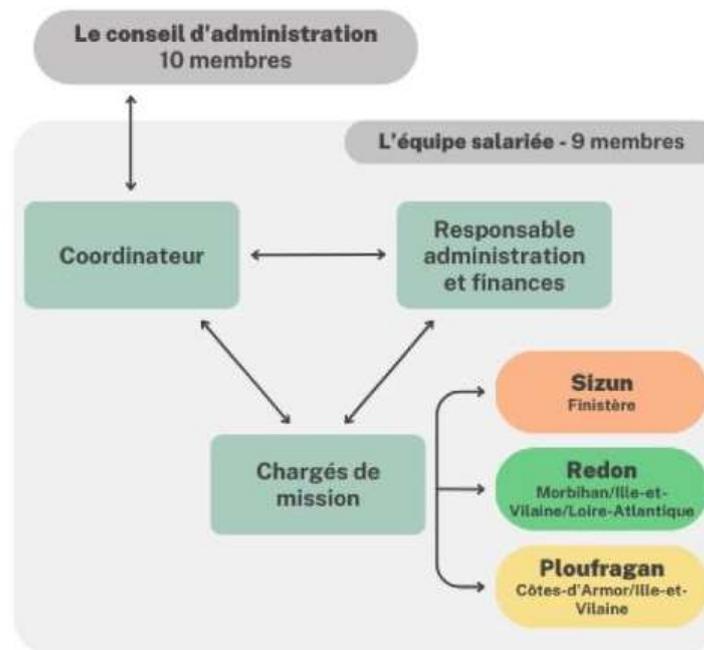
- Choix de la maille par le participant en concertation avec le GMB ;
- Repérage au préalable des sites potentiellement favorables au sein de la maille ;
- Sélection du sous-bassin versant possédant le plus de sites potentiellement favorables ;
 - Un site très favorable :
 - Présence d'une végétation hygrophile dense et haute (min 40 cm) ;
 - Présence d'eau libre ;
 - Présence d'une microtopographie ou de touradons ;
 - Absence d'entretien (fauché et pâturage) trop sévère et trop récent de la végétation.
 - Un site moyennement favorable :
 - Présence d'une végétation herbacée hygrophile haute (min 40 cm) ;
 - Absence d'un entretien trop sévère et trop récent de la végétation ;
 - Absence d'au moins l'une des caractéristiques propres aux habitats très favorables.
- 300 m de réseau hydrographique minimum entre les deux sites prospectés.

Prospection des sites :

- Prospection sur un linéaire de 20 à 100 m de long ou sur une surface de 100 m² ;
- Rechercher des indices de présence dans la végétation et sur les berges le long des habitats favorables ;
- Noter tous les indices de présence observés ;
- Quitter le site lorsqu'un indice de présence (crottiers exclusivement) a été trouvé ;
- En cas d'absence d'indices sur la zone favorable, le site est considéré comme négatif ;
- Noter la présence d'autres espèces, ainsi que leurs indices.

ANNEXE 4. Présentation de l'organisme d'accueil

Le Groupe Mammalogique Breton (GMB) est une association (loi 1901) œuvrant pour l'étude et la protection des mammifères sauvages et de leurs habitats en Bretagne administrative et Loire-Atlantique (Bretagne historique). Fondé en 1988 par Jean-Marc Hervio, le GMB rassemble des passionnés de la nature dans le but de promouvoir la connaissance et la conservation des mammifères de la région. Agréée au niveau régional pour la protection de l'environnement, l'association est membre de France Nature Environnement Bretagne et de la Société Française d'Étude et de Protection des Mammifères.



Organigramme du Groupe Mammalogique Breton

Le GMB fonctionne avec un conseil d'administration qui définit les orientations de l'association et une équipe de salariés qui mènent les actions et coordonne un réseau d'une centaine de bénévoles actifs. Les chargés de mission assurent à tour de rôle et annuellement la mission de coordinateur.

Le GMB mène diverses activités articulées autour de quatre grands axes : étudier et suivre les mammifères pour mieux les préserver (Connaitre), développer un réseau de réserves et conseiller les décideurs (Protéger), proposer des formations aux bénévoles, professionnels et étudiants (Former), ainsi que créer des outils de communications et organiser des événements (Sensibiliser).

L'association effectue alors des inventaires spécifiques, le suivi des populations et des études approfondies pour compléter la connaissance écologique des espèces. L'association assume la responsabilité du suivi des populations de mammifères, en centralisant et analysant les données récoltées par trois réseaux : le réseau Chiroptères, le réseau Loutre et le réseau Micromammifères. Pour ces raisons, le GMB coordonne l'Observatoire des Mammifères de Bretagne, avec la collaboration de Bretagne Vivante et de l'Office Français de la Biodiversité.

Le GMB assure également la gestion d'un vaste réseau de sites protégés pour les mammifères d'intérêt communautaire. L'association travaille alors en étroite collaboration avec les structures locales de protection de la nature, les collectivités territoriales, les gestionnaires d'espaces naturels et les décideurs pour mettre en place des mesures de conservation et de gestion des habitats adaptées. Ainsi, elle participe à la mise en œuvre d'aménagements spécifiques pour la faune, tels que des passages à loutres ou des grilles de protection aux entrées des gîtes d'hivernage pour les chauves-souris.

Le GMB propose fréquemment des stages de formation ouverts à tous les niveaux de compétence en naturalisme. Les bénévoles ont également la possibilité de participer directement à certaines activités dirigées par les salariés, leur permettant d'apprendre auprès de personnes expérimentées. Des formations dédiées aux professionnels sont également organisées, afin de les sensibiliser à l'importance de la prise en compte adéquate de la faune sauvage dans leurs activités. Régulièrement, le GMB accueille des stagiaires de niveau post-bac pour travailler sur des sujets spécifiques tout en participant aux différentes activités de l'association.

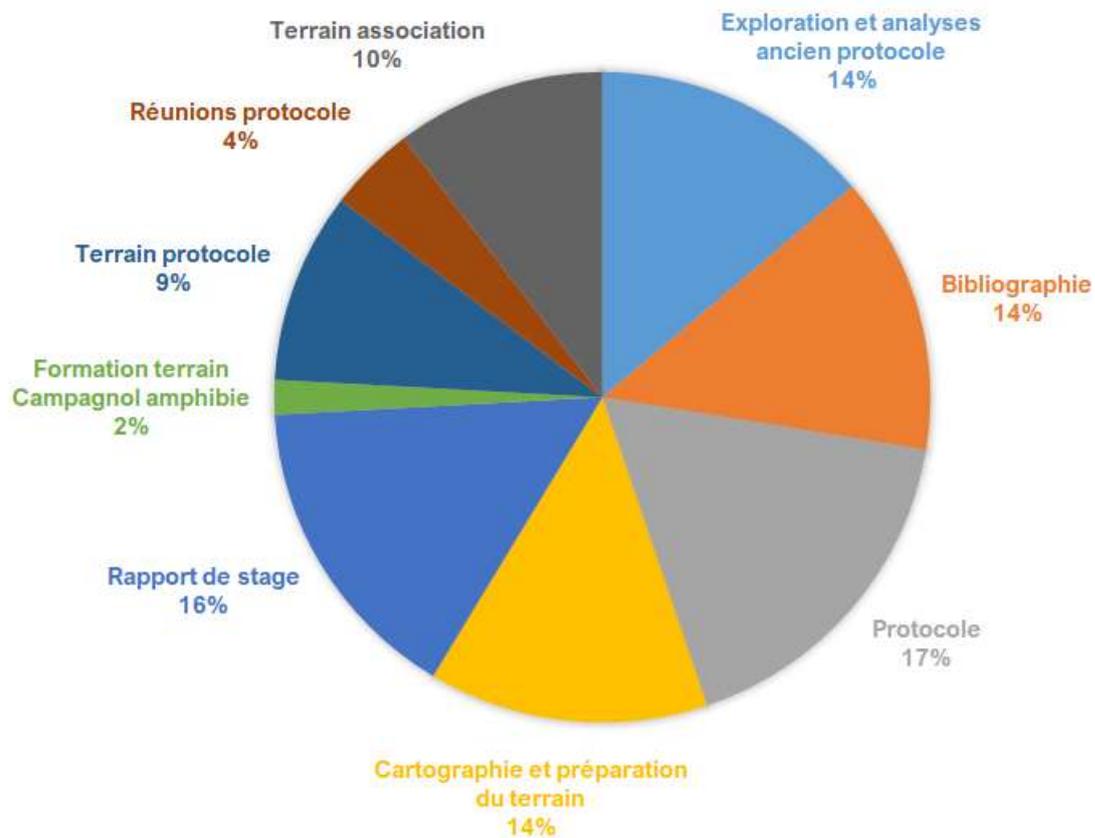
Enfin, le GMB organise régulièrement des animations pour sensibiliser le grand public à la richesse de la faune sauvage bretonne et à la nécessité de la protéger, comme la Journée des Mammifères de Bretagne organisé à chaque automne. L'association publie également des ouvrages et des bulletins scientifiques pour diffuser les résultats de ses travaux et partager ses connaissances avec le plus grand nombre. Pour coordonner toutes ces actions, le GMB a mis en place un réseau de médiation se réunissant une fois par an. Acteur renommé dans la protection des mammifères en Bretagne, le GMB est régulièrement sollicité pour apporter son expertise et son expérience.

Groupe Mammalogique Breton. (2023). Consulté 22 mai 2023, à l'adresse <https://gmb.bzh/>

ANNEXE 5. Tâches et activités réalisées lors du stage

Diagramme de Gantt présentant les différentes activités réalisées au cours du stage.

	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout
Prise en main du sujet						
<ul style="list-style-type: none"> Analyses de l'ancien protocole Bibliographie 						
Terrain sujet de stage						
<ul style="list-style-type: none"> Formation Test du protocole 						
Protocole						
<ul style="list-style-type: none"> Réunions Élaboration Outils 						
Rédaction						
<ul style="list-style-type: none"> Rapport de stage Documents pour la structure 						
Terrain hors sujet de stage						



Pie-chart présentant la proportion relative des différentes tâches réalisées au cours du stage.

ANNEXE 6. Cahier des charges



MASTER 2 GESTION DE LA BIODIVERSITE

CAHIER DES CHARGES DU STAGE DE FIN D'ETUDES 2022-2023

Ce cahier des charges doit dans l'ordre chronologique être :

1. Rempli par vos soins sur la base des discussions avec votre maître de stage.
2. Soumis en version word aux responsables de formation pour validation ou éventuelles modifications
3. Envoyé à votre structure d'accueil pour validation et signature
4. Mentionné IMPERATIVEMENT dans votre convention comme une annexe. C'est à dire que dès que possible en remplissant la convention, et à plusieurs reprises, vous allez indiquer « cf annexe intitulée *Cahier des charges* ».

Nom du stagiaire : Guiheneuf

Prénom du stagiaire : Alyssa

Mèl du stagiaire : alyguiheneuf@gmail.com

N° portable du stagiaire : 06 13 48 57 16

Titre du stage : Elaboration d'un nouveau protocole de suivi des populations de Campagnol amphibie en Bretagne

Nom de la structure d'accueil : Groupe Mammalogique Breton

Adresse postale de la structure d'accueil : Château du Mail - 1 rue du Plessis, 35 600 Redon

Nom et prénom du maître de stage : Le Campion Thomas

Qualité du maître de stage : chargé de mission

Mèl du maître de stage : thomas.le-campion@gmb.bzh **N° téléphone du maître de stage :** 06 99 70 74 85

Dates de début et de fin du stage : 27/02/2023 au 25/08/2023

Problématique et objectifs généraux du stage :

Le GMB, en partenariat avec Bretagne Vivante et l'OFB coordonne l' « Observatoire des Mammifères de Bretagne ». Ce programme a pour objet d'organiser et de pérenniser le suivi des populations de mammifères de la région. Le Campagnol amphibie, espèce protégée depuis 2011, fait l'objet d'un suivi de ses populations depuis 2010 suite à la diffusion d'un protocole élaboré par la SFEPM au niveau national. Mis en œuvre une première fois dans le cadre de l'Atlas des Mammifères (2008-2014) puis durant l'Observatoire des Mammifères de Bretagne (2017-2021), ce protocole a livré un jeu de données qui a fait l'objet en 2022 d'une première analyse comparative (Maillet M., 2022) dans le cadre d'un stage de Master 1. Ce protocole reste cependant très lourd à mettre en œuvre sur le terrain et son analyse est complexe et restreinte en raison de nombreux biais liés aux prospections de terrain. Il est aujourd'hui nécessaire de revoir la stratégie de suivi de cette espèce pour les décennies à venir. En effet le Campagnol amphibie, classé quasi-menacée en

Bretagne, montre des signes de régression qu'il convient de mieux caractériser pour engager des mesures les plus adaptées possible à sa sauvegarde.

Missions précises :

- Etablir une synthèse bibliographique des publications relatives aux méthodes et protocoles de suivi du Campagnol amphibie où des espèces du genre Arvicola à mœurs aquatiques.
- Approfondir les analyses et l'exploration statistique des résultats des suivis collectés jusqu'à présent pour déterminer les informations essentielles à l'établissement d'un nouveau protocole de suivi.
- Rédiger la première mouture d'un nouveau protocole de suivi de l'espèce à l'échelle régionale.
- Créer des outils d'aide à la mise en œuvre de ce nouveau protocole : plan d'échantillonnage, cartographie des sites, fiche de terrain...
- Tester ce nouveau protocole in situ et éprouver les outils créés pour une mise œuvre efficace et aisée pour les bénévoles et salariés de l'association.
- En fonction des retours du test, adapter et finaliser la proposition d'un nouveau protocole de suivi du Campagnol amphibie en Bretagne.
- Accessoirement, la stagiaire pourra être amenée à participer ponctuellement à d'autres actions de l'Observatoire des Mammifères de Bretagne, en appui aux salariés de l'antenne sud-est basée à Redon.

Calendrier prévisionnel du déroulement du stage :

Mars et avril : Synthèse bibliographique et analyses complémentaires jeu de données

Mai : Etablissement nouveau protocole + outils

Juin : Test nouveau protocole + adaptation protocole et outils

Juillet et aout : Rédaction protocole finalisé + outils et rapport de stage

Délivrables à fournir à la structure :

- Rapport de stage.
- Synthèse bibliographique et analyses complémentaires jeu de données.
- Premier état du nouveau protocole de suivi.
- Outils d'aide à la mise en œuvre du nouveau protocole (plan d'échantillonnage, cartographie des sites, fiche de terrain).

Compétences requises :

- Bonne pratique des méthodes d'échantillonnage et d'analyse, autant que des connaissances solides dans le fonctionnement des populations et des écosystèmes.
- Connaissance des mammifères-semi-aquatiques et zones humides appréciée.
- Maîtrise des outils informatiques tels qu'Excel, R et autres outils d'analyse statistiques.
- Connaissances pratiques en Systèmes d'Information Géographiques (logiciel QGis).

Travail avec une/des espèces protégées ou en espace protégé

OUI

Si oui, la structure d'accueil dispose t'elle des autorisations administratives nécessaires à la bonne réalisation du travail envisagé, notamment pour la capture temporaire/la détention/le transport/l'équipement d'espèces protégées, la récolte d'échantillons/de données en parc national... ?

OUI

Conditions de travail particulières :

Travail en situation de travailleur isolé : OUI La situation de travailleur isolée est à proscrire.

Travail de nuit : OUI Majoration de la gratification pour le travail de nuit : OUI

Travail le weekend : OUI

Travail éloigné du lieu de rattachement (>2h de route) : NON
Travail à proximité directe de milieux aquatiques : OUI Si oui quel type : Prairies humides, marais, ripisylve
Travail en milieux de montagne : NON
Travail en zone et période de chasse : NON
Travail en milieux méditerranéen soumis à un risque incendie estival : NON
Travail dans la zone d'influence d'un barrage hydro-électrique : NON
Travail sur terrain militaire : OUI
Travail en carrière, sur un chantier en cours : NON
Travail à l'étranger : NON
Travail en forêt tropicale : NON
Travail sous-terrain : OUI
Travail à bord d'une embarcation : NON
Travail de Pêche électrique : NON
Travail sub-aquatique : NON
Travail en milieu souterrain : OUI
Travail avec une/des espèces dangereuses : NON

Autres conditions particulières non listée ci-dessus : /

Evaluation et prévention des risques : Pour **chacune** des conditions particulières listées ci-dessus ou tout autre condition qui pourrait être interprétée comme « une situation dangereuse » interdite dans le cadre de la convention de stage, décrivez précisément les protocoles mis en place et informations/formations mises à disposition par la structure pour réduire le risque encouru de manière que les conditions de travail **ne puissent plus** être considérées comme « dangereuses » :

- La situation de travailleur isolée sera anecdotique et uniquement effectuée sur des milieux de zones humides terrestres (hors eau libre) et en période de fin de printemps/début d'été lors de périodes météorologiques favorables. Une formation lors des premières sorties de terrain sera réalisée par le maître de stage afin de sécuriser les prospections. Un échange permanent par téléphone portable sera mis en œuvre lors des rares jours de terrain réalisés en autonomie. La majorité du temps de travail sur le terrain sera réalisé en présence d'autres salariés de l'association ou en présence de bénévoles.
- Travail de nuit et week-end, ainsi que possibilité de travail en milieu souterrain ponctuel, afin d'accompagner les chargés de mission lors de suivis chiroptères. Délais minimum de 11 heures entre la fin du travail de nuit et la reprise du travail. Travail en milieu souterrain en entrée de cavités (les 10 premiers mètres maximum) de classe 1 à faible développement avec équipement de sécurité (casque et frontale). Présence d'une personne extérieure en permanence sur le site.

Conditions matérielles : défraiement des kilomètres effectués avec le véhicule personnel dans le cadre des missions (L'étudiante doit informer sa compagnie d'assurance de l'usage de son véhicule dans le cadre d'un stage de fin d'études.).

Avantages en nature : /

Confidentialité du rapport et de la soutenance : NON

Date : 15 /12/2022

Signatures :

Etudiante



Responsable de la Structure d'accueil



REMERCIEMENTS

Je souhaite tout d'abord remercier mon maître de stage, Thomas Le Campion (chargé de mission études et conservation) pour sa bienveillance et son implication tout au long de mon stage. Ce stage a été extrêmement enrichissant sur le plan professionnel, un immense merci pour sa confiance.

Merci à Marie Le Lay et Clovis Gaudichon (chargés de mission études et conservation), pour leurs multiples conseils et leur partage de connaissance sur les Mammifères.

Je remercie également, Franck Simonnet, Thomas Dubos et Meggane Ramos (chargés de mission études et conservation) pour leur expertise et leur implication dans mon travail.

Un grand merci à Éric Petit (directeur de recherche à INRAE) pour son aide précieuse et indispensable à la tenue de cette étude.

Je remercie aussi Laetitia Buisson (Enseignante chercheuse à l'Université de Toulouse III) ma tutrice universitaire, pour son suivi et ses conseils tout au long du stage.

Enfin, je remercie Charles Paillet, Zoé Ménard Peroy et Pauline Gautier, pour leurs relectures du rapport.

RESUME

Le Campagnol amphibie (*Arvicola sapidus*) connaît un déclin attribué à la dégradation des milieux humides, à la prolifération d'Espèces Exotiques Envahissantes (EEE), aux campagnes d'empoisonnement non ciblées et au piégeage non sélectif des Espèces Susceptibles d'Occasionner des Dégâts (ESOD). La Bretagne revêt une importance cruciale pour la préservation de cette espèce. Cette étude a visé à développer un protocole de suivi spécifique pour mieux appréhender les tendances évolutives des populations de l'espèce. L'analyse des résultats du suivi précédent a permis d'identifier ses limites. Parallèlement, une revue bibliographique sur les méthodes et protocoles de suivi a été menée, en collaboration avec des experts spécialisés dans le suivi d'espèces. Ces éléments clés ont été intégrés dans le protocole de suivi, qui a ensuite été testé sur le terrain pour évaluer son efficacité et son ajustement éventuel. Cette phase d'évaluation a permis d'évaluer la praticabilité du protocole et de repérer d'éventuelles contraintes. Ainsi, un protocole de suivi du Campagnol amphibie en Bretagne a été validé.

Mots clés : Mammifère, Prospection, Zones humides, Population

The water vole (*Arvicola sapidus*) is experiencing a decline attributed to the degradation of wetlands, the proliferation of invasive alien species (IAS), non-targeted poisoning campaigns and non-selective trapping of non-target species. Brittany (France) is of crucial importance for the preservation of this species. The aim of this study was to develop a specific monitoring protocol to gain a better understanding of the evolutionary trends in populations of this species. By analysing the results of the previous monitoring programme, its limitations were identified. At the same time, a literature review on monitoring methods and protocols was carried out, in collaboration with experts specialising in species monitoring. These key elements were incorporated into the monitoring protocol, which was then tested in the field to assess its effectiveness and possible adjustments. This evaluation phase made it possible to assess the practicability of the protocol and identify any constraints. As a result, a protocol for monitoring the water vole in Brittany was validated.

Keywords: Mammal, Monitoring, Wetlands, Population