

UFR Sciences & Techniques de la Côte Basque, Université de Pau et des Pays de l'Adour

Licence Professionnelle Métiers de la Protection et de la Gestion de l'Environnement

Option Biologie Appliquée aux Écosystèmes Exploités, Promotion 2020 - 2021



Etude du Putois d'Europe (*Mustela putorius*) en Haute-Vienne (87) à l'aide de tunnels à empreintes



DELORME, Fabien

Stage réalisé du 8 mars 2021 au 27 août 2021 au Groupe Mammalogique et Herpétologique
du Limousin GMHL – ZA du Moulin Cheyroux 87 700 AIXE-SUR-VIENNE

Sous la direction de Marie ABEL, Chargée de missions mammalogiques et prédation

« Le présent rapport constitue un exercice pédagogique qui ne peut en aucun cas engager la responsabilité
de la structure d'accueil »

Résumé : En Limousin, les données récentes de Putois d'Europe (*Mustela putorius*), espèce très discrète, sont très limitées et proviennent surtout d'observations fortuites. Sa répartition et l'état de ses populations dans cette région restent donc à préciser, alors qu'un déclin de l'espèce est observé au niveau national et international. La méthode des tunnels à empreintes, dont l'intérêt et l'efficacité pour l'étude des petits mustélidés et du putois sont reconnus, a été testée en Haute-Vienne. Des pièges photos ont également été utilisés pour observer le comportement de la faune vis-à-vis des tunnels. L'étude a été menée de juin à août, après la mise bas, sur 6 sites où l'espèce était récemment connue et sur 6 autres où elle ne l'était pas, au niveau de zones humides. Aucune empreinte de putois n'a été relevée malgré l'usage de 60 tunnels, et parmi les 45 sites suivis par vidéo, seul un site a permis de détecter l'espèce. Les enregistrements vidéo ont montré un plus grand nombre de réaction aux tunnels chez les petits carnivores que chez d'autres mammifères. Si des points sont à revoir pour augmenter les chances de détection de l'espèce avec ce dispositif, notamment la période de suivi, la quasi-absence de donnée laisse penser que le putois est très peu abondant en Limousin voire peut-être absent de certains secteurs. Ce constat ne serait malheureusement pas surprenant en vue de l'état de conservation de l'espèce, qui n'est toujours pas protégée en France mais encore chassable alors qu'elle souffre particulièrement de la fragmentation du territoire et de la perte de ses habitats depuis plusieurs dizaines d'années.

Mots clés : *Putois d'Europe, Mustela putorius, tunnels à empreintes, pièges photos, Limousin, zones humides, mustelidés, atlas, présence - absence*

Abstract : In Limousin, recent datas related to the European polecat (*Mustela putorius*), species very discreet, are very few in number and mainly from fortuitous observations. Its distribution and the state of its populations need to be precised in this area, while a decline at national and international scale. Tracking-plates' method, well known for their interest and their efficiency for monitoring small mustelids and the polecat, was tested in Haute-Vienne. Video-tracking was done as well to observe the behaviour of the fauna to the tunnels. The study was done from june to august, after the birth., on 6 sites where the species was recently observed and on 6 sites where it wasn't., in wetland areas. None polecat's footprint was found despite the use of 60 tunnels, and on the 45 sites monitorated bi video-tracking, only one enabled the detection of the species. The records shown a greater number of reactions in small carnivores than in other mammals. If some points are to change in order to have better chances of polecat's detection by the use of tracking-plates, as the period of study, the quasi-absence of datas suggest that the polecat is only few abundant, if not absent in some areas. Sadly, such analysis would not be surprising in view of the bad conservation status of the polecat, which in France is still not yet protected but still huntable, despite it's particularly suffering from the fragmentation of the territory and the loss of favourable habitats for several decades.

Key words: *European polecat, Mustela putorius, tracking-plates, video-tracking, Limousin, wetlands, atlas, presence - absence*

REMERCIEMENTS

Je tiens en premier lieu à remercier Gabriel METEGNIER, le directeur technique et scientifique de l'association pour m'avoir accueilli au sein du GMHL. Sa disponibilité et son positivisme tout au long du stage auront été les bienvenus. Un grand merci à Marie ABEL, ma tutrice de stage, pour m'avoir proposé cette mission et partagé ses connaissances en mammalogie. Pour la confiance et la responsabilité qui m'ont été accordées pendant ces 6 mois, et pour m'avoir permis de penser et mettre en place une étude pour une espèce qui me tenait à cœur. J'en retire une expérience des plus enrichissantes. Merci à eux pour tous les conseils et encouragements, le suivi régulier de l'avancement du stage et des éventuelles difficultés rencontrées et pour leur relecture du présent rapport.

Le positivisme et la bonne humeur sont d'ailleurs attribuables à toute l'équipe du GMHL, à qui j'adresse un énorme merci pour sa bienvenue et sa convivialité inégalables. Travailler avec elle aura été un grand plaisir. Merci pour les connaissances partagées et le terrain effectué ensemble quand le temps me le permettait.

A Aurore et Emma, un grand merci pour leur motivation, énergie et bonne humeur. Avoir leur renfort sur l'Atlas aura été une chance. Je leur souhaite tout le meilleur pour leur poursuite dans le monde naturaliste.

Merci à Pascal Fournier, directeur du GREGE, pour les échanges que l'on a eus et son expertise, ses conseils et ses retours d'expérience sur l'utilisation des tunnels à empreintes.

Aux bénévoles qui m'ont accompagné sur le terrain et aux participant.es à mes sorties *Traces et Indices*, armé.es de leur curiosité, motivation et bonne humeur.

Je remercie Nathalie, Claudine et Jean-François pour leur accueil à Lavaud, les joies du voisinage et les nombreux échanges enrichissants que l'on a pu avoir.

Merci à Christophe pour son engagement, son énergie et son refus de résignation qui font plaisir à ressentir, pour sa curiosité et sa bienvenue.

A Jade, Pieyre-Yves, François et Jonathan pour m'avoir rendu visite en Limousin et ainsi offert leur heureuse compagnie pour quelques jours.

Un grand merci à Annabelle et Thomas pour leur soutien moral vers la fin du premier semestre, et à ce même titre à Yann LALANNE, enseignant de la LP BAEE, pour ses encouragements à poursuivre.

Je tiens à adresser un remerciement particulier à David, camarade et colocataire de bonne aventure, pour son positivisme et son énergie communicatifs. Heureux hasard que d'avoir fait notre stage dans la même structure. Merci à sa famille pour la maison mise à disposition.

Enfin, un grand merci à ma famille pour son soutien et ses encouragements incessants depuis plusieurs années dans mes choix et projets.

SOMMAIRE

Préambule	1
I) Introduction	2
1) L'atlas des mammifères, reptiles et amphibiens du Limousin	2
2) Présentation de l'espèce	4
2.1 <i>Ecologie</i>	4
2.2 <i>Répartition et état de conservation</i>	5
2.3 <i>Menaces</i>	7
3) Les suivis par tunnels à empreintes et pièges photos	7
4) Perspectives de l'étude	9
II) Matériels & méthode	9
1) Zone d'étude	9
2) Protocole mis en place	10
3) Choix des sites	12
4) Matériels utilisés	13
4.1 <i>Les tunnels à empreintes</i>	13
4.2 <i>Les pièges photos</i>	14
5) Analyse des données	14
5.1 <i>Les tunnels à empreintes</i>	14
5.2 <i>Les pièges photos</i>	14
III) Résultats	15
1) Tunnels à empreintes	15
2) Pièges photos	16
IV) Discussion	18
1) Interprétation des résultats	18
1.1 <i>Les tunnels à empreintes</i>	19
1.2 <i>Les pièges photos</i>	19
2) Réflexion sur l'étude menée	20
2.1 <i>Le matériel utilisé</i>	20
2.2 <i>La période de pose</i>	21
2.3 <i>Le site de pose</i>	21
V) Conclusion	22
<u>BIBLIOGRAPHIE</u>	24
<u>ANNEXES</u>	27

LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX

Figure 1 – Histogramme de la nature des données de putois en Limousin sur la période 2014 - 2020	1
Figure 2 – Répartition mondiale du Putois d'Europe et les différentes tendances de ses populations (Source : Croose et al. 2018)	6
Figure 3 – Schéma d'un tunnel à empreintes et de son fonctionnement.	7
Figure 4 – Comparaison entre des empreintes du putois (a) et celles de la fouine (b)	8
Figure 5 – Territoire de l'ex-région du Limousin et de ses départements.	10
Figure 6 – Distribution des carrés kilométriques de l'étude du Putois d'Europe à l'aide de tunnels à empreintes menée en Limousin de juin à août 2021	13
Figure 7 – Distribution sur les dimensions 1 et 2 des différentes catégories de variables et des individus (animaux filmés)	17
Figure 8 – Proportion des types de réaction chez les animaux contactés selon qu'ils appartiennent ou non au groupe des petits carnivores	18
Figure 9 – Distribution mensuel des données de putois enregistrées en Limousin sur la période	21
Tableau 1 – Répartition des tunnels à empreinte selon les mailles étudiées et les sessions de 2 semaine	11
Tableau 2 – Résultats des empreintes obtenues avec les tunnels	15
Tableau 3 – Proportion des types de réactions observées selon les espèces (en %).	16

Préambule

Le Groupe Mammalogique et Herpétologique du Limousin (GMHL) est une association de loi 1901 fondée il y a plus de 20 ans. Son fonctionnement repose sur l'implication de 11 administrateurs bénévoles, 9 salariés, plus de 250 adhérents et une trentaine de bénévoles actifs.

L'association agit au sein de l'ancienne région Limousin. Ses missions sont d'améliorer la connaissance et de réaliser des études et expertises en herpétologie et mammalogie, de participer à la protection de l'environnement, en particulier des mammifères, reptiles et amphibiens et de rassembler les personnes passionnées par ces taxons.

Afin de mieux connaître leur répartition et d'apporter les éléments nécessaires à leur préservation, des campagnes de prospection concernant les espèces les moins connues, les plus rares ou caractéristiques de la région sont organisées par l'association.

Le GMHL participe aux débats publics sur l'environnement, aux commissions et réunions au niveau départemental, régional et national concernant les mammifères, les reptiles, les amphibiens et leurs biotopes. Afin de mieux faire connaître ces espèces, l'association met en place des actions d'information et de sensibilisation.

Le GMHL compte parmi les fondateurs du portail d'observations naturalistes en Limousin : faune-limousin.eu . Ses salariés et bénévoles participent activement à son animation et à son alimentation en données sur les mammifères, reptiles et amphibiens de la région.

Le GMHL s'investi et porte un projet d'atlas participatif auprès d'un large public depuis 2014. L'atlas correspond à un ensemble de cartes de répartition régionale des espèces, accompagnées de monographie. Ces cartes ont été construites sur un maillage régional de 10 km x 10 km. Le territoire est ainsi fractionné en 210 mailles. L'objectif de ce découpage est de prospecter l'ensemble des carrés afin d'avoir, à terme, une connaissance globale de la répartition des espèces de mammifères, reptiles et amphibiens en Limousin, avec une pression d'observation la plus homogène possible.

Cet atlas sera finalisé fin 2021 et constituera un outil d'aide à la prise de décisions des politiques publiques ainsi que pour les décideurs. Ce projet est financé par la DREAL Nouvelle Aquitaine, le Conseil Régional Nouvelle Aquitaine, le Conseil Départemental de la Creuse et des fonds propres de l'association.

Le stage s'est déroulé sous la direction de Marie ABEL, chargée de missions mammalogiques et prédation. A partir du jeu de données de l'atlas, l'objectif était d'identifier une espèce ou un cortège d'espèces à fort enjeux, puis de mettre en place une étude spécifique.

I) Introduction

1. L'atlas des mammifères, reptiles et amphibiens du Limousin :

Le GMHL a initié en 2014 l'atlas des mammifères, reptiles et amphibiens du Limousin. Après 8 années de travail, ce projet arrive à son terme et sera publié en fin d'année. Il fait suite à un premier atlas réalisé sur la période 1990 – 1998. Il s'agit d'un atlas à portée participative, avec la plateforme de recueil de données Faune-Limousin qui a été lancée conjointement. Si, dans le cadre de l'atlas, des protocoles spécifiques ont été mis en place par les salariés du GMHL et ses bénévoles, une grande partie des données relèvent d'observations opportunistes des contributeurs de Faune-Limousin. Cette plateforme constitue la base de données de l'atlas.

En s'intéressant à cette dernière, il en ressort que certaines espèces présentent très peu de données sur la période 2014-2020. Ce faible nombre de données est parfois opposé à un plus grand nombre de données sur la période 1990-1998. Cette différence peut alors être le fait de lacunes d'observation ou d'un déclin des populations en Limousin.

En excluant les espèces peu présentes sur le territoire – à savoir le Raton laveur (*Procyon lotor*), le Daim (*Dama dama*) et le Chamois (*Rupicapra rupicapra*) – les mustélidés, la Genette commune (*Genetta genetta*) et le Chat forestier (*Felis silvestris*) apparaissent comme les mammifères les moins observés. Cependant, la genette (202 données) et le chat (200 données) sont des espèces protégées et en expansion en Limousin. Dans la famille des

mustélidés, la Loutre d'Europe (*Lutra lutra*) et le Blaireau européen (*Meles meles*) font état d'exception, avec respectivement 1 916 et 2 111 données. La Martre des Pins (*Martes martes*) est également assez bien observée, avec 926 données. Viennent ensuite la Fouine (*Martes foina*), avec 332 données, puis l'Hermine (*Mustela erminea*), 176 données. Ceux avec le moins de données sont la Belette d'Europe (*Mustela nivalis*), avec seulement 139 données, et le Putois d'Europe (*Mustela putorius*), avec 150 données.

Ces deux dernières espèces sont inscrites sur la liste nationale des « espèces susceptibles d'occasionner des dégâts », dites ESOD, (terme en vigueur depuis la loi du 8 août 2016, en remplacement de l'usage courant de « nuisible »). A ce titre, leur piégeage ainsi que leur destruction par tir sont autorisés toute l'année (article R. 427-6 du code de l'environnement; article R. 422-79 du code de l'environnement ; arrêté du 14 mai 2014). Elles sont aussi sur la liste des espèces chassables, au même titre que les autres mustélidés du Limousin, à l'exception de la loutre qui est protégée.

Le nombre de départements où le putois est classé ESOD a considérablement diminué depuis plusieurs années. Sur la saison 2011-2012, il était classé nuisible sur 34 départements et au moins 6 000 individus ont été tués (Albaret *et al.* 2014). Pour la période 2019-2022, il était classé ESOD dans deux départements : dans le Pas-de-Calais, sur 80% du territoire, et en Loire-Atlantique, sur 20% des communes (Lacoste & Rigaux 2021).

Pourtant, au niveau européen, le putois est inscrit à l'annexe III de la Convention de Berne. Il figure donc parmi les « espèces de faune protégées », pour lesquelles « *une certaine exploitation est possible si le niveau de la population le permet* » (Rapport explicatif de la Convention de Berne). L'*exploitation* doit donc être réglementée, de manière à maintenir les populations hors de danger. Il est aussi inscrit à l'annexe V de la Directive Habitat Faune Flore 92/43/CEE. Cela implique que son prélèvement ou exploitation par les états membres ne peut se faire uniquement s'il est compatible avec son maintien dans un état de conservation favorable (article 14).

Le putois est classé depuis 2017 comme espèce « Quasi menacée » par le Comité Français de l'IUCN. Ce classement fait suite à un constat de déclin de l'espèce et de ses effectifs plutôt faibles (Lacoste & Rigaux 2021).

Ces différents éléments en font une espèce à fort enjeux, pour laquelle un statut de protection est demandé. Tout du moins, il apparaît urgent de revoir son statut réglementaire au niveau National. Depuis, son classement en ESOD a été temporairement annulé par une décision du Conseil d'État rendue le 7 juillet 2021.

L'Etat doit se repositionner en 2022 sur la liste des ESOD, et donc sur le statut du putois. Considérant les données disponibles concernant cette espèce, la SFPEM (Société Française pour l'Etude et la Protection des Mammifères) demande à ce qu'il soit inscrit sur la liste des mammifères protégés (Rigaux 2017). Dans le cadre d'une éventuelle protection par la loi française, la SFPEM a également proposé un plan

national de conservation (Lacoste & Rigaux 2021).

C'est dans cette même démarche de protection et dans ce contexte de réévaluation du statut de l'espèce que le sujet d'étude porte sur le putois.

En Limousin, sur les 150 données relatives au putois renseignées sur la période 2014-2020, au moins 80 relèvent d'individus tués par une collision routière. Il y a ensuite 23 données qui précisent des individus vus traversant la route, auquel on peut ajouter 14 données sans détail mais situées au niveau d'un axe routier. Parmi le reste des données détaillées, 6 relèvent de l'observation de crottes et empreintes, 9 sont issues d'une piège photo, 1 concerne un individu capturé dans un piège à Ragondin (*Myocastor coypus*) et 1 donnée de mortalité non routière. Comme le montre l'histogramme ci-dessous (*figure 1*), il s'agit donc surtout d'observations fortuites, avec au moins 117 données issues d'observation depuis la route, et seulement 9 relevant de pièges photos et 6 de traces et indices.

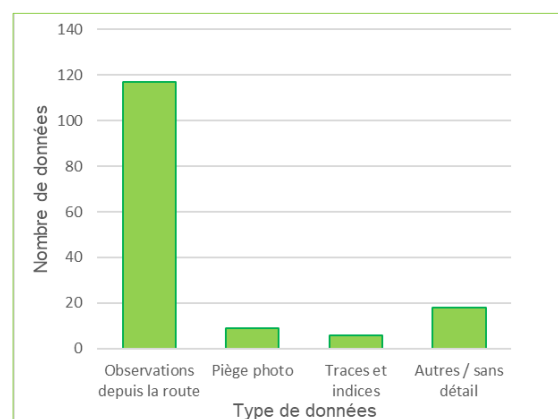


Figure 1 – Histogramme de la nature des données de putois en Limousin sur la période 2014 - 2020

Dans l'ensemble, le nombre de données est plus élevé ces dernières années, tous taxons confondus. Cette augmentation relève d'une pression d'observation plus forte, avec un plus grand nombre d'observateurs. La pression d'observation, fluctuante, ne permet pas de bien exactement cerner ce qui se passe au niveau des populations. En cela, les études ciblées et protocolées présentent donc un intérêt.

Malgré cette augmentation importante des données sur la période du présent atlas, le putois reste très peu observé avec une moyenne de seulement 21,4 données par an. Il est relativement discret et les indices de présence restent peu courant, ce qui complique sa détection.

Plusieurs hypothèses peuvent expliquer ce faible nombre de données et le peu de mailles de l'atlas où la présence de l'espèce est avérée. Il est possible d'émettre l'hypothèse que les zones où le putois n'est pas connu sont des zones où l'espèce est présente mais non-détectée, plutôt que des zones où l'espèce est absente. Il n'est pas non plus exclu que la faible détection de l'espèce soit expliquée par le fait que le putois soit peu présent en Limousin, où la pression d'observation de la faune est pourtant en augmentation. A l'échelle du Limousin, il apparaît important de mieux étudier cette espèce en déclin pour mieux la protéger ensuite.

2. Présentation de l'espèce :

2.1 Ecologie :

Il occupe une grande diversité d'habitat et montre une sélection saisonnière des milieux fréquentés, influencée par son

régime alimentaire. Dans l'ouest de la France, les zones marécageuses sont majoritairement occupées au printemps, le milieu forestier dans les mois les plus froids et les prairies sont plus fréquentées l'été et l'hiver (Lodé 1994). D'après une étude réalisée au Danemark dans un environnement fragmenté, les prairies et les pâturages sont très utilisés l'hiver, et aussi au printemps avec les forêts de feuillus ; l'utilisation des prairies diminue l'été à l'inverse des forêts davantage utilisées (Baghli *et al.* 2005). Un suivi par radiotracking de 24 mâles et 25 femelles dans l'ouest de la France a permis de décrire l'utilisation des zones marécageuses et forestières pendant la période de reproduction, avec les mâles occupant essentiellement les zones de marais et les femelles surtout les bois et les haies (Lodé 2011). L'hiver, les putois peuvent aussi se rapprocher des habitations, notamment des corps de ferme, qui offrent abris et nourriture (Birks 1998 ; Baghli 2005). Une zone non homogène avec une diversité de milieux, et notamment une alternance de boisements et de zones humides, semble être l'habitat optimal pour l'espèce (Lacoste & Rigaux 2021).

En France il atteint les 1 400 m d'altitude dans les Pyrénées et les 1 500 m dans les Alpes (Skumatov *et al.* 2016)

C'est un carnivore plutôt généraliste et opportuniste. Il se nourrit surtout de micromammifères (mulots, campagnols...) et d'amphibiens, essentiellement des anoues (Lodé 1997 ; Lodé 2000). Leur importance dans son régime alimentaire varie selon leur abondance, et il peut montrer une spécialisation sur un type de proie. Les amphibiens sont surtout prédatés au printemps (Lodé 1993 ; Lodé 1994). Le

Lapin de garenne (*Oryctolagus cuniculus*) constitue sa proie principale surtout en zone méditerranéenne (Lodé 1997 ; Barrientos & Bolonio 2009). Il complète son alimentation avec des invertébrés et des oiseaux et plus rarement des poissons (Lodé 1997 ; Rysava-Novakova & Koubek 2009 ; Sainsbury *et al.* 2020).

Une étude menée au Luxembourg (Baghli & Verhagen 2004) indique un domaine vital d'une taille comprise entre 42 et 428 ha, avec une moyenne de 181 ha, ce qui est approximativement similaire aux autres études menées en Europe). Si la distance moyenne parcourue par nuit est de 2,29 km, elle est 3,6 fois plus grande chez les mâles, pour qui le domaine vital est également plus grand, et il ressort que 50% de l'utilisation de l'espace est concentré sur seulement 15% du domaine vital (Baghli & Verhagen 2004). Une étude menée par radiotracking dans l'ouest de la France indique une aire d'activité mensuelle d'en moyenne 0,426 km² pour les mâles et de 0.125 km² pour les femelles, plus grande en automne et en hiver (Lodé 1996). Une aire d'activité moyenne plus importante de 1,2 km² pour les mâles et de 0.4 km² pour les femelles résulte d'une autre étude de Lodé (2003), avec respectivement un domaine vital linéaire de 4,8 km et 2,8 km pour les mâles et femelles.

Au Danemark, le taux de mortalité a été estimé à 68% la première année et 33% la seconde année. Les mâles représentent deux tiers des individus, tués par collision routière ou par piégeage (Kristiansen *et al.* 2007). Il ressort de la littérature que si la longévité potentielle est supérieure à 10 ans, elle ne dépasse pas 4-5 ans dans la nature, et l'espérance de vie à la

naissance est inférieure à 8 mois pour les mâles et inférieure à 2 ans pour les femelles (Rigaux 2017).

2.2 Répartition et état de conservation :

L'aire de répartition mondiale du putois s'étend en Europe de la péninsule ibérique jusqu'à l'Oural, avec également une population au nord du Maroc. L'espèce est absente de Grèce (à l'exception du nord du pays où elle est observée de manière marginale), d'Irlande, d'Islande, du nord de la Scandinavie et des îles méditerranéennes (Skumatov *et al.* 2016).

Un déclin est observé dans plusieurs pays européens, surtout au niveau de l'Europe occidentale où les densités sont faibles (de l'ordre d'un individu pour 10 km² et dépassant rarement 0,5 à 1 individu au km²; Skumatov *et al.* 2016). Là où des tendances sont connues (voir la *figure 2* ci-après), un déclin est observé dans 20 pays, pour 5 pays avec une tendance stable et 2 à la hausse, et pour beaucoup de pays les données sont en quantités limitées et imprécises (Croose *et al.* 2018). Ainsi, un déclin de 22-25% sur 14 ans est observé en 2013 en Biélorussie, l'Allemagne un fort déclin récent, jusqu'en 1970 la Suisse connaissait un déclin massif de l'espèce, des déclins auraient lieu en Espagne et au Portugal (Skumatov *et al.* 2016 ; Costa *et al.* 2014). Le Luxembourg observe ainsi un déclin depuis les années 1950, avec un large déclin des densités de populations (Baghli & Verhagen 2003). Les populations du Royaume-Uni font état d'exception et sont en augmentation après avoir été proches

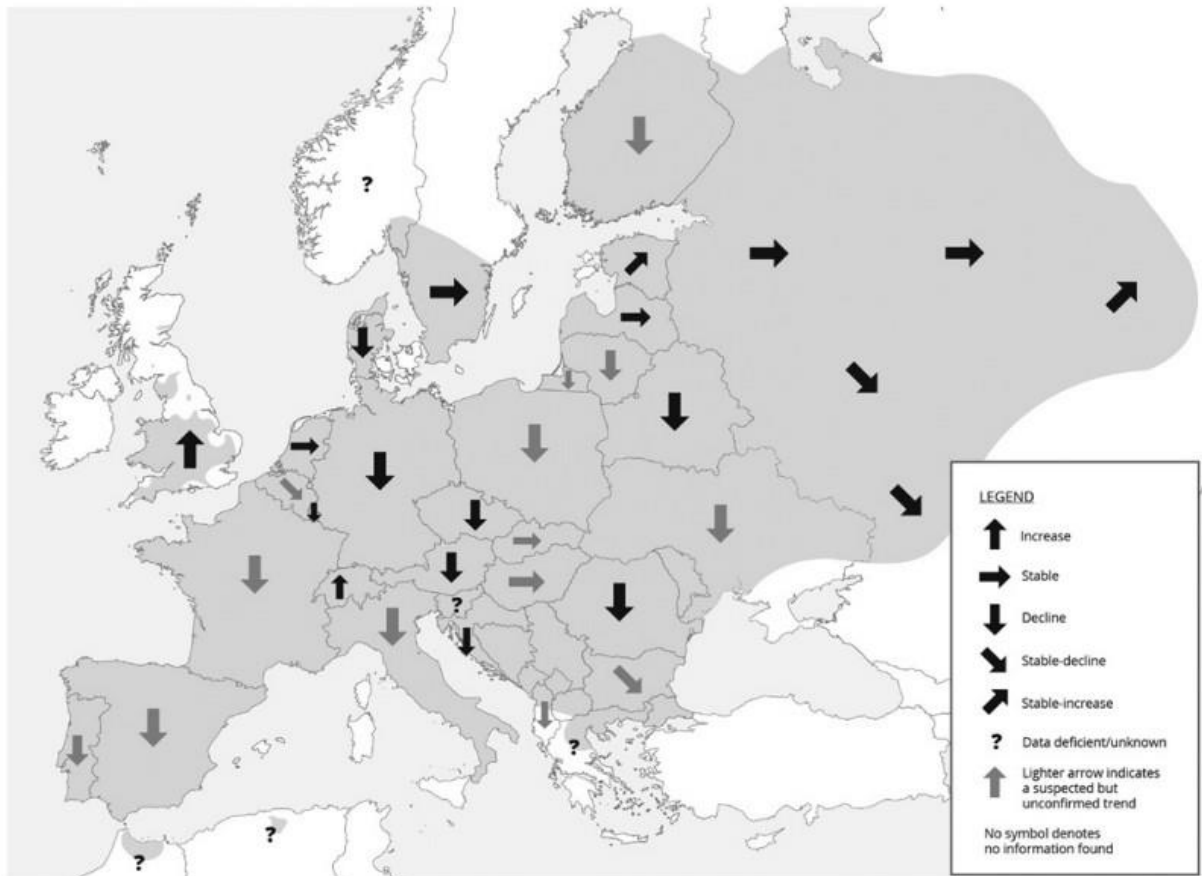


Figure 2 – Répartition mondiale du Putois d'Europe et les différentes tendances de ses populations (Source : Croose et al. 2018)

de l'extinction, notamment grâce à la baisse de la pression cynégétique, à l'augmentation des populations de lapins et à des campagnes de réintroduction (Croose 2016). Une augmentation est aussi observée en Suisse, après le fort déclin connu (Croose et al. 2018).

L'espèce a le statut *Préoccupation mineure* sur la liste rouge des espèces menacées de l'IUCN, notamment car elle a une large aire de répartition et que le déclin observé n'atteint pas le seuil requis de l'IUCN (20% sur 13 ans) pour le statut *Menacée* ou *Quasi-menacée* (Skumatov et al. 2016).

En France, le putois semble être présent sur l'ensemble du territoire à l'exception de l'extrémité sud-est et de la Corse. L'ONCFS a notamment

produit une carte de présence à partir des données récoltées sur la période de 2001 à 2010. Les observations sont moins fréquentes dans le sud-ouest que sur le reste du territoire (Berzins & Ruet 2014).

En Nouvelle-Aquitaine, sa distribution n'est pas homogène. S'il est plutôt bien réparti sur l'ensemble de la région, il reste peu commun, et la diminution des observations semble indiquer un déclin. En Limousin, l'espèce n'étant pas détectée régulièrement, sa répartition reste imprécise car limitée par le peu de données, mais elle semble présente sur l'ensemble du territoire.

2.3 Menaces :

La perte et la dégradation de ces habitats ressortent comme l'une des premières causes de déclin de l'espèce (Croose *et al.* 2018 ; Lacoste & Rigaux 2021). En France, l'assèchement des zones humides et l'augmentation des terres agricoles a entraîné la perte de plus de la moitié de la surface en zones humides entre 1940 et 1990 (d'après Report Claude Bernard 1994 in Skumatov *et al.* 2016).

Les putois sont exposés aux intoxications liées aux xénobiotiques (Croose *et al.* 2018 ; Sainsbury *et al.* 2018), en particulier ceux utilisés dans la lutte contre les rongeurs tels que les anticoagulants (dont fait partie la bromadiolone que l'ANSES, l'Agence Nationale de Sécurité Sanitaire, a retiré du marché en 2020. Notamment, le Rat surmulot (*Rattus norvegicus*) constitue une part importante des proies l'hiver alors même que c'est à cette période que l'usage des poisons est important (Birks 1998).

Le putois est également touché par les collisions routières. La distribution de la ressource alimentaire peut être un facteur important pour expliquer une forte mortalité routière, comme l'abondance de lapins de garenne en bord de routes (Barrientos & Bolonio 2009).

La faible densité et la fragmentation des populations de putois conduit à un appauvrissement génétique, ce qui

représente une menace potentielle pour l'espèce avec l'augmentation de la consanguinité et une réduction de l'hétérozygotie (Lodé 2006).

Enfin les destructions volontaires ou accidentelles, la compétition avec les espèces introduites et en expansion comme le Vison d'Amérique (*Neovison vison*), l'effet persistant de pollutions industrielles, la baisse des effectifs de proies et les pathologies sont également des menaces pour l'espèce (Croose *et al.* 2018 ; Lacoste & Rigaux 2021).

3. Les suivis par tunnels à empreintes et pièges photos :

Une des méthodes utilisées pour le suivi des mammifères est le recours à des tunnels à empreintes. Ce dispositif consiste à créer une cavité artificielle avec en son centre un tampon imbibé d'encre et de part et d'autre des feuilles vierges. L'animal qui traverse le piège laisse alors des traces d'encre sur la feuille située à la sortie, comme l'illustre le schéma ci-dessous (*figure 3*).

Plusieurs études portent sur la comparaison de l'efficacité de pièges à empreintes et de pièges photos. Dans plusieurs études, l'utilisation de pièges à empreintes se montre plus performante dans la capacité de détection que l'utilisation des pièges photos, notamment pour les petits carnivores (Genres *Mustela* et *Martes*) (Gompper *et al.*, 2006, Lyra-Jorge *et al.*, 2008), à condition de placer les tunnels



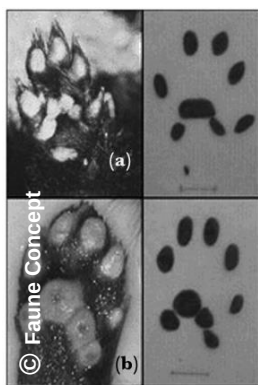
Figure 3 – Schéma d'un tunnel à empreintes et de son fonctionnement.

sur les lieux de passage des espèces cibles (Marchesi *et al.*, 2014).

Ce dispositif semble donc particulièrement efficace pour révéler la présence de petits mustélidés relativement discrets, et notamment le putois (Marchesi *et al.*, 2014). Il a notamment été utilisé avec succès pour vérifier la présence ou l'absence de ces espèces dans certaines localités en Suisse (Marchesi *et al.*, 2004).

L'identification des traces est basée sur la dimension de l'empreinte et la forme des pelotes.

Des analyses statistiques multivariées portant sur un échantillon de 131 empreintes de putois, furets et fouines, rapportent de l'efficacité de cette méthode et de sa fiabilité pour distinguer les empreintes de mustélidés (Fontana *et al.*, 2009). Par rapport à celles de la Fouine, l'empreinte des coussinets plantaires est rectangulaire,



les pelotes digitales sont moins parallèles et le quatrième doigt est plus écarté des autres – voir *figure 4* ci-contre (Maddalena *et al.*, 2009).

Figure 4 – Comparaison entre des empreintes du putois (a) et celles de la fouine (b)

Des appâts sont parfois utilisés pour améliorer la détectabilité des espèces cibles (Fontana *et al.*, 2007 ; Savouré-Soubelet *et al.*, 2011), mais la pose d'un nombre suffisant de tunnels les rend non nécessaires (King & Edgar, 1997). De plus, il se trouve que ce type de dispositif est déjà attractif pour les petits carnivores, de nature à explorer les

espaces restreints pour la recherche de nourriture ou d'abris et de terriers (Loukmas *et al.*, 2003). D'ailleurs, la méthode standardisée retenue en Suisse est sans appât (Marchesi *et al.*, 2014).

La durée et le nombre de dispositifs est variable selon les études, la pression d'étude est exprimée en nuits-tunnels. Une étude a été réalisée en Suisse sur un secteur où le putois était autrefois très abondant. L'absence de contact sur 1 323 nuits-tunnels, alors qu'il n'y avait aucune donnée depuis plus de 30 ans, a été utilisée pour valider l'absence de l'espèce sur ce secteur (Maddalena *et al.*, 2009). Il s'agissait d'une session de 9 semaines utilisant 21 tunnels à empreintes sur 5 aires potentiellement favorables, situées à proximité de zones humides riche en amphibiens. A l'exception d'un site, l'effort était de 315 nuits-tunnels, ce qui serait suffisant pour confirmer l'absence du putois (Maddalena *et al.*, 2009). Ceci dit, cet effort a été obtenu avec moins de tunnels, laissés sur une période plus longue, ce qui n'est pas optimal pour détecter le putois. En effet, il semble préférable d'avoir un plus grand nombre de tunnels plutôt qu'une période de pose plus longue, et les putois visiteraient les dispositifs assez rapidement les jours suivants leur pose pour ensuite ne pas y revenir et les ignorer (Maddalena *et al.*, 2009, Fournier *comm. pers.*).

Cela est aussi précisé dans une autre étude menée au nord de l'Italie dans le but de vérifier la présence de l'espèce, à partir de deux tunnels par carré kilométrique (Fontana *et al.*, 2007). Le putois a été détecté à cinq reprises sur les tunnels d'un des 9 carrés kilométriques étudiés. Cette étude a été réalisée à travers deux sessions de 15

jours à l'automne. Cette période coïncide avec la dispersion des jeunes de l'année, qui sont moins méfiants et moins expérimentés, et donc plus faciles à piéger (Fontana *et al.*, 2007 ; Savouré-Soubelet *et al.*, 2011).

Des tests menés en Suisse ont montré un rendement du dispositif de l'ordre d'un contact avec un mustélidé toutes les 198 nuits-tunnels, et que pour confirmer la présence ou l'absence du putois sur un carré kilométrique, il faut un effort de 280 nuits-tunnels (Marchesi *et al.*, 2004 ; Maddalena *et al.*, 2009).

Il ressort de cette étude bibliographique que la méthode d'étude du putois avec des tunnels à empreintes est satisfaisante pour détecter l'espèce. Ils sont disposés par carré kilométrique, les visites ont souvent lieu les deux premières semaines. Enfin, l'effort de nuits-tunnels reste modulable selon les cas, l'usage de seulement 2 tunnels par carré kilométrique s'étant même montré concluant pour un cas précis.

L'espèce étant peu détectée sur le terrain en Limousin, il apparaît intéressant de reprendre cette méthode et de la tester pour révéler la présence du putois là où il n'est pas connu.

4. Perspectives de l'étude :

A partir des différents éléments qui ont été développés, il semble donc important de **savoir comment mieux détecter le putois, afin de pouvoir mieux l'étudier puis le protéger ensuite**. L'objectif étant de **tester et d'évaluer les tunnels à empreintes comme outil de détection du putois qui favoriserait une meilleure connaissance de sa répartition en Limousin**.

Dans un premier temps se pose la question de détectabilité de l'espèce. **Quelle est la détectabilité du putois en Limousin avec le dispositif de tunnels à empreintes ?**

On fait l'hypothèse **H1** que **les tunnels à empreintes sont utilisés par les espèces cibles**.

La seconde hypothèse **H2** est que **l'utilisation de tunnels à empreintes favorise la détection de l'espèce**.

Enfin, la troisième hypothèse **H3** qui est établie est que **les zones où le putois n'est pas connu sont des zones occupées par l'espèce sans qu'elle n'ait été détectée**. Aussi, dans les zones où le putois a été détecté sur la période 2014-2020, le dispositif de tunnel à empreintes parvient-il à le faire également ? Permet-il aussi de le détecter sur des zones où le putois n'est pas connu ? Un refus de passage est-il observé chez le putois ?

II) **Matériels & méthode :**

Afin de tenter d'obtenir des éléments de réponse aux questions posées, une pression d'observation est faite sur un échantillon de mailles de l'atlas, à l'aide de tunnels à empreintes.

1. Zone d'étude :

L'ex-région du Limousin comprend trois départements : la Corrèze, la Creuse et la Haute-Vienne. En 2010, l'INSEE recense 742 800 habitants. Avec une densité de 44 habitants par km², il s'agit d'un des territoires les moins densément peuplés. Ces départements

ruraux sont surtout orientés vers l'élevage extensif bovin et ovin.

Situé en limite nord-ouest du Massif Central, le Limousin présente une succession de reliefs et de plateaux vallonnés. Les zones d'altitudes, au-dessus de 400 m, se concentrent sur les deux tiers est. La Montagne limousine se situe ainsi au centre et à l'est et elle est notamment constituée du plateau de Millevaches, qui s'élève à 978 m au Mont Bessou en Corrèze, le point culminant. Pour les autres petits massifs, il y a notamment les Monts du Limousin au sud et les Monts de la Marche au nord. En périphérie, les plateaux oscillent entre 300 et 400 m d'altitude (voir *figure 5* ci-dessous).

De nombreux cours d'eau de moyenne importance parcourent le Limousin, la majorité ayant leur source dans la Montagne limousine. Il s'y trouve aussi une multitude de ruisseaux. Certaines vallées des rivières créent de profondes gorges, comme c'est le cas de la

Dordogne et de la Cère. Trois bassins versants touchent le territoire : le bassin de la Loire, le bassin de la Garonne et le bassin de la Charente.

Concernant la nature des paysages, le Limousin est dans l'ensemble un territoire plutôt bocager. Ceci dit, ce n'est que dans une partie nord de l'ex-région que le bocage traditionnel subsiste, avec un maillage régulier de haies. Ailleurs, il s'agit plus d'un mélange de zones agricoles et de petits bois, avec des haies fragmentées.

La Haute-Vienne a été retenue comme le territoire sur lequel porte le suivi. En effet, contrairement aux autres départements elle n'a aucune donnée provenant de Fédération de Chasse sur la période de 1990-1998, ce qui permet une meilleure comparaison des données avec la période actuelle (ne comprenant pas de données issues de la Fédération de Chasse 87).

On y observe notamment des agglomérations de mailles sans données de putois. Ces secteurs lacunaires sont situés au sud-est, en limite départementale avec la Corrèze, ainsi qu'au nord de la Haute-Vienne (voir partie 3 Choix des sites p.). Il s'agit pourtant du département avec le plus de données récentes relatives au putois, avec 87 observations signalées soit 58% de toutes les données en Limousin sur la période 2014-2020. Ces 2 secteurs constituent l'aire d'étude.

2. Protocole mis en place :

Les tunnels à empreintes ont été expérimentés sur des zones où la présence récente du putois est avérée depuis plusieurs années, afin de tester

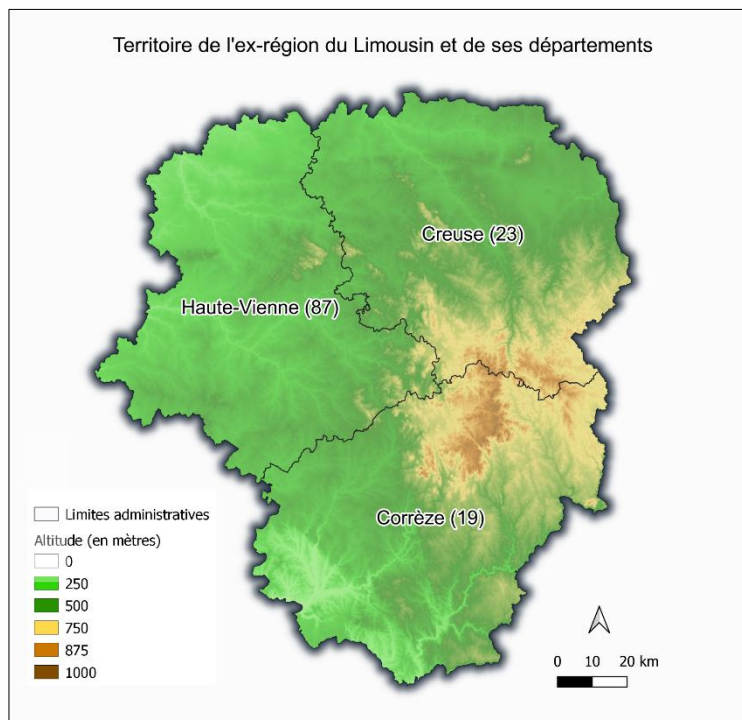


Figure 5 – Territoire de l'ex-région du Limousin et de ses départements.
Réalisation F. Delorme – août 2021

la détectabilité du putois avec ce dispositif. Les tunnels ont aussi été posés sur des zones sans données (mentionnées ci-avant).

L'étude a porté sur deux cas de figure : (a) des mailles où le putois était bien connu (données récentes, sur plusieurs années) et (b) des secteurs où aucune observation n'avait été faite. Afin de minimiser les déplacements et de faciliter le contrôle des dispositifs sur une même journée, l'échantillonnage des mailles n'a pas été fait de manière aléatoire.

Les unités d'échantillonnage sont des carrés kilométriques (1km*1km). Sur chacun des carrés ont été positionnés 5 tunnels à empreintes. Ces unités ciblent des zones humides. Selon la configuration des sites, les tunnels ont été répartis entre les points d'eau, les lisières et les haies. Ils ont été enregistrés grâce à un GPS Garmin sur un point GPS.

Les tunnels sont relevés une fois par semaine, afin de maintenir humide le tampon encreur par l'ajout d'eau et pour changer les feuilles détériorées ou comportant des empreintes.

Trente tunnels à empreintes ont été utilisés. Chaque carré a été équipé de 5 d'entre eux. Afin de couvrir un maximum de mailles, et étant donné que le putois a tendance à fréquenter

les tunnels dans les jours suivants la pose du dispositif, ce suivi de 4 semaines a été mené sur deux sessions de 14 jours (Fontana *et al.*, 2007 ; Maddalena *et al.*, 2009 ; Marchesi *et al.*, 2004), étalées sur deux mois. De cette manière, 12 mailles ont été prospectées, chacune pendant 4 semaines. Chaque session de 14 jours portait sur 3 mailles ayant des données putois et sur 3 mailles sans données putois. Les sessions se sont succédées, afin d'avoir une saison de suivi sur le même cycle biologique (après la mise bas). L'étude a donc eu lieu pendant période de la sortie des jeunes. Le suivi s'est déroulé du 24 juin au 24 août. Les sessions ont été réparties du 24 juin au 8 juillet, du 9 juillet au 24 juillet, du 25 juillet au 9 août enfin du 10 août au 24 août.

Le nombre de sites étudiés, de dispositifs et de sessions sont récapitulés dans le *tableau 1* ci-dessous.

Chaque tunnel est numéroté, et une fiche terrain est attribuée à chaque maille (Annexe 1). A chaque contrôle des tunnels, cette dernière est complétée, afin de renseigner si des empreintes y sont laissées.

Type de maille	Session	Nombre de mailles	Nombre de tunnels par mailles	Nombre de tunnels par session	Nombre de tunnels par type de maille	Nombre total de tunnel
Mailles espèce connue	24/06-08/07	3	5	15	30	60
	25/07-09/08					
	09/07-24/07	3	5	15		
	10/08-24/08					
Mailles espèce inconnue	24/06-08/07	3	5	15	30	60
	25/07-09/08					
	09/07-24/07	3	5	15		
	10/08-24/08					

Tableau 1 – Répartition des tunnels à empreinte selon les mailles étudiées et les sessions de 2 semaines

On obtenait de cette manière une séquence de détections (notées 1) et de non-détections (notées 0) lors des 4 visites. Cette séquence constitue l'histoire de détection du putois.

Lorsque des empreintes sont laissées ou que les feuilles à impression sont dégradées, elles sont relevées dans un trieur, classées par tunnel, et de nouvelles feuilles sont disposées dans les tunnels.

Toute remarque utile peut être renseignée dans la partie *Commentaire* des fiches terrain.

Lors d'une session de 2 semaines, chaque carré kilométrique a également été équipé de 2 pièges photos, au niveau de 2 des 5 tunnels à empreintes. Au terme des 2 semaines de suivi, les pièges photos sont retirés en même temps que les tunnels à empreintes. Les cartes mémoires sont vidées en vue de la pose du lendemain et les piles remplacées si le niveau de batterie est faible. Un dossier a été créé pour chaque tunnel suivi afin d'y archiver les fichiers vidéo, triés ultérieurement. Les enregistrements avec des macro-mammifères ont été retenus, les espèces identifiées et leur comportement étudié. Ainsi, pour chaque individu filmé, il est noté si le dispositif suscite une réaction chez l'animal, comme des interactions visuelles ou olfactives, et si l'animal se montrait craintif (comportement alerte, de recul) ou calme.

3. Choix des sites :

Comme mentionné dans la partie 1. *Zone d'étude* (p.10), 2 zones présentent une absence de données concernant le putois, une au sud-est et

une au nord de la Haute-Vienne. Elles sont représentées sur la *figure 6* ci-après sur la carte de répartition du putois en Limousin, par l'entité *Bloc de mailles d'absence*. Pour la zone située au sud-est de la Haute-Vienne, les 2 données de putois remontent à 1985 et 1987. Pour celle située au nord, les données remontent à 2001, 2002 et 2003. Sur chacune de ces zones, 3 mailles ont été étudiées. Au niveau de ces 2 zones, 3 mailles présentant des données ont été sélectionnées sur analyse cartographique, en analysant le jeu de données sur QGIS® (version 3.10). Ceci a été fait de manière à rechercher des secteurs où plusieurs données ont été référencées, notamment récemment. L'ensemble des carrés kilométriques de l'étude sont représentés sur la carte de la Haute-Vienne de la *figure 6*.

Une fois les secteurs retenus, le choix des carrés kilométriques a été fait par photo-interprétation en recherchant les milieux prémentionnés et à l'aide de la couche référençant les zones humides en Haute-Vienne, géoréférencée en Lambert 93 (EPSG:2154 -RGF93 / Lambert-93) comme toutes les couches qui ont été travaillées sur QGIS (source de la couche : Etablissement Public Territorial du Bassin de la Vienne). Le choix des sites s'est fait par photo-interprétation. Ces sites peuvent présenter une zone forestière, avec un cours d'eau ou un point d'eau, et un milieu bocager. Les lieux de pose des tunnels ont été déterminés sur place en veillant à choisir des zones propices au passage de mustélidés (coulée dans les fourrées, ponts naturels etc...). Pour les mailles où le putois est historiquement connu, la localisation des anciennes données est

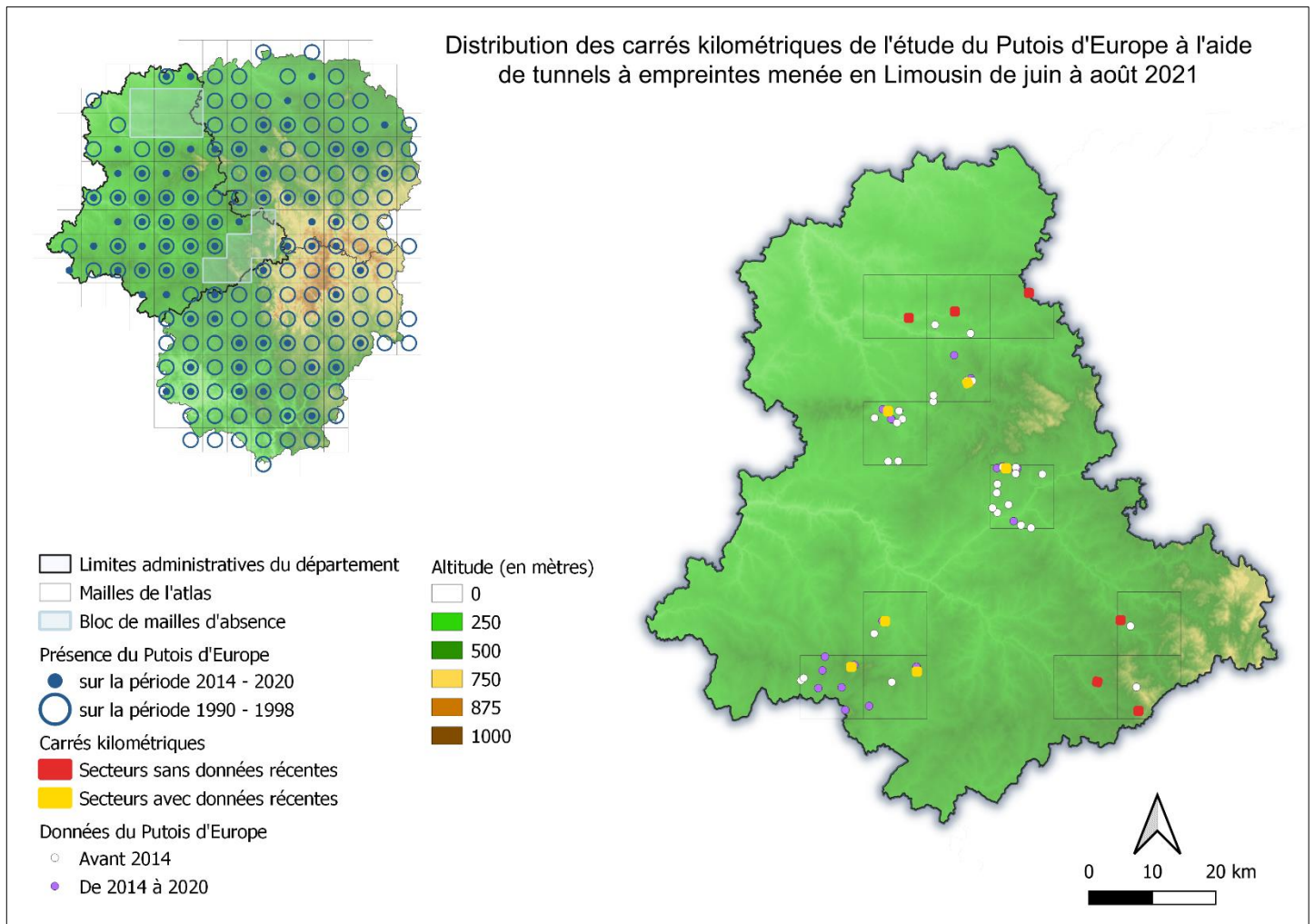


Figure 6 – Réalisation F. Delorme - août 2020. Source des données : Faune-Limousin

prépondérante dans le choix des sites de pose.

4. Matériels utilisés :

4.1 Les tunnels à empreintes :

Les tunnels ont été fabriqués à partir de panneaux en polypropylène de 800 mm par 1 200 mm. Ce matériau a l'avantage d'être économique, de faciliter la construction des tunnels (pliage des panneaux) et surtout léger à transporter sur le terrain.

Les premiers travaux de Paul Marchesi (2004) utilisaient des tunnels de 1 000*160*120 et se montraient concluant pour contacter la belette et le

putois, puis des tunnels de 1 000*140*185 ont par la suite été utilisés. D'autres études font état de dimensions variées, notamment 813*254*254 pour le suivi des petits mammifères, 800*220*220 pour un suivi spécifique à la martre ou encore 750*260*400 pour cibler le putois. Puisque notre étude ne visait pas la Fouine ou la Martre des Pins, plus grandes que le Putois d'Europe, et au vu des résultats concluants avec une largeur intérieure de 120 mm puis avec une hauteur de 140 mm (Marchesi *et al.* 2004 ; Savouré-Soubelet *et al.*, 2011), il a été acté que l'étude serait faite avec des tunnels de 800 mm par 140 mm de large et 140 mm de hauteur. Lors de la fabrication des tunnels, un des côtés de

la plaque est gardé à 180 mm de long afin de le rabattre sur 40 mm et pouvoir ainsi fermer le dispositif moyen d'écrous et de boulons.

Chaque tunnel est identifié par un code alphanumérique : de A à F pour l'identité du carré kilométrique, et de 1 à 5 pour l'identité du tunnel au sein du carré (ex : A1).

L'encre utilisée a été achetée auprès du GREGE (Groupe de Recherche et d'Etude pour la Gestion de l'Environnement). Elle est obtenue par un procédé chimique.

Le papier kraft provient également du GREGE, les feuilles étant enduites d'un produit révélateur, qui agit comme réactif avec l'encre. Il s'agit de feuilles de 21 cm par 29,7 cm. Elles ont été découpées en deux dans le sens de la longueur. Ce sont donc des feuilles de 10,5 cm de large et de 29,7 cm de long qui ont été disposées aux extrémités des tunnels.

Au milieu du tunnel a été disposé une feutrine de 3 mm d'épaisseur sur 11 cm de large et 17 cm de long, de manière à ce qu'elle rentre dans des petites barquettes alimentaires d'aluminium. Ces barquettes sont nécessaires pour retenir le liquide dont la feutrine est imbibée.

4.2 Les pièges photos :

Le GMHL ne dispose pas d'un seul modèle de pièges photos, plusieurs modèles différents ont donc été utilisés pour l'étude, selon les pièges disponibles. Les 12 appareils ont été programmés en mode vidéo, sans intervalle entre les prises, avec une sensibilité et une qualité d'image élevées. Chaque piège photo a été fixé

sur un arbre en face d'un tunnel à empreinte, avec un système antivol.

5. Analyse des données :

5.1 Les tunnels à empreintes

Il s'agit de données de type « présence - absence » traitées en « détection - non détection ». Les résultats ont été indiqués dans un tableau répliqué « visite / site » afin d'étudier l'histoire de détection du putois à l'échelle des carrés kilométriques. Un site est en effet un carré kilométrique et non un tunnel : les 5 tunnels sur un carré constituent un dispositif de suivi pour un site, pour lequel il est renseigné si l'espèce a été contactée (1) ou pas (0), quel que soit le nombre de tunnels positifs.

La *détection - non détection* d'empreintes de mustélidés a aussi été indiquée par tunnel, ce qui permet de connaître, sur le total nuits-tunnels, le nombre de cas où un mustélidé a utilisé un tunnel, qu'il s'agisse de putois ou non. L'espèce en question est alors précisée.

5.2 Les pièges photos

La matrice des données obtenues par enregistrements vidéo a été traitée sur le logiciel R 4.0.2 ® à l'aide d'une Analyse en Composante Multiple (ACM), en utilisant les packages *FactoMineR* et *factoextra*. Une ACM permet de résumer et de visualiser un tableau de données contenant plus de deux variables catégorielles. L'objectif est d'identifier des groupes d'individus ayant un profil similaire dans leurs valeurs aux différentes variables. Il est aussi possible de faire ressortir les associations entre les catégories des

variables. Le jeu de données a alors été organisé de manière à ce que pour chaque individu (sujet filmé) soient renseignées 5 variables qualitatives explicatives et une variable qualitative supplémentaire (voir un extrait de la matrice utilisée en Annexe 2):

- Variables qualitatives : *Especie*, *Reaction_calme*, *Reaction_alerte*, *Controle_interieur* et *Marquage*, ces 4 dernières étant binaires (1 / 0 pour Oui / Non)

- Variable qualitative supplémentaire : *Groupe_Petits_Carnivores* (1 / 0 pour Oui / Non)

Le poids des dimensions et la contribution des différentes variables à ces dimensions ont été analysés afin de choisir les dimensions les plus efficaces pour expliquer la variance observée de la matrice. La variable *Groupe_Petits_Carnivores* a été traitée en variable supplémentaire de manière à contrôler si les espèces s'organisaient selon une logique d'appartenance ou non à ce groupe, sans que la variable ne participe à l'organisation de la matrice.

III) Résultats

1. Tunnels à empreintes :

Sur les 1 680 nuits-tunnels prévues avec 60 tunnels à empreintes suivis pendant 4 semaines, l'étude, 1 586 nuits-tunnels n'auront été effectuées. Cela s'explique par le fait que 6 tunnels ont été mis hors d'usage pendant 2 semaines à la suite d'importante crue, et 10 n'ont été effectifs que 13 jours lors d'une session suite à une pose différée. A la rédaction du rapport, le dernier

relevé n'a pas été effectué, ce qui porte le nombre de nuits-tunnels traité dans les résultats à 1 376.

Sur ces 1 376 nuits-tunnels, des empreintes ont été retrouvées à 131 reprises. Dans 90,8% des cas, des empreintes de micromammifères ont été retrouvées, et dans 9,9% des empreintes d'oiseaux. A cela s'ajoute une feuille avec des empreintes de Hérisson d'Europe (*Erinaceus europaeus*) et 9 empreintes d'origine inconnue. Des empreintes de mustélidés n'ont été trouvées qu'à 2 reprises, soit 1,5% des cas, dont aucune n'est attribuable au putois : il s'agit d'une empreinte d'Hermine, qui n'était pas connue sur la maille, et d'empreintes d'un individu du genre *Martes*. L'ensemble des résultats est présenté dans le tableau 2 ci-dessous.

Pour les empreintes d'Hermine et de *Martes*, trouvées respectivement lors du premier et second relevé. Cela correspond à des résultats obtenus dès un effort de respectivement 35 et 70 nuits-tunnels sur leur carré kilométrique. Sur l'ensemble de l'étude, on obtient le ratio d'une empreinte de mustélidés pour 688 nuits-tunnels.

« Groupe » d'espèces	Nombre de contacts	Pourcentage sur l'ensemble des contacts	Rendement empreinte / nuits-tunnels
Mustélidés	2	1,5%	688
Micromam-mifères	119	90,8%	10,5
Oiseaux	13	9,9%	105,8
Indéterminés	9	6,9%	152,9

Tableau 2 – Résultats des empreintes obtenues avec les tunnels

2. Pièges photos :

L'utilisation des pièges photos au niveau des dispositifs a permis d'enregistrer le comportement de mammifères, en dehors des micromammifères, à 121 reprises, avec 12 espèces différentes. Les passages de martres, de fouine et d'individus identifiés seulement au genre *Martes* sont traités ensemble en tant que complexe Martre / Fouine. A 53 reprises, aucune réaction comportementale n'a été détectée depuis les vidéos. Il s'agit d'une *apparente* indifférence des individus au dispositif, notée en *Réaction nulle*. A l'inverse, des réactions observables à la présence du tunnel sont notées pour 68 cas. Les enregistrements concernent à 70 reprises des petits carnivores (Mustelidés, Chat forestier, Genette commune et Renard roux (*Vulpes vulpes*), le reste des vidéos portant 20 fois sur le Chevreuil *Capreolus capreolus*), 11 fois sur le Sanglier (*Sus scrofa*), 19 fois sur le Ragondin et 1 fois sur le Hérisson d'Europe.

Le tableau 3 ci-dessous présente pour chaque type de réaction le nombre de cas selon les espèces.

Résultats de l'ACM

Les deux premières dimensions de l'ACM réalisée représentent 23.5% de la variance observée (respectivement 13.1 et 10.4%). Elles ont donc été retenues pour constituer les axes du graphique présenté ci-après (*figure 7*). Ces deux dimensions permettent de distribuer les individus entre eux, la distance les séparant donnant une mesure de leur similitude. Cela est aussi le cas pour les variables. L'axe 1 (13.1 % de la variance observée) est majoritairement représenté par des variables comme le type de réaction et, dans une moindre mesure, l'espèce concernée par l'observation. En effet, la dimension 2 (10.4% de la variance observée) est majoritairement représentée par la variable 'Espèce'. Cet axe permet d'ailleurs aussi de discriminer les données selon la variable 'Groupe Petits Carnivores',

Espèce	Réaction nulle	Réaction calme	Dont Contrôle intérieur	Dont Marquage	Réaction alerte
Putois	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Chat forestier	66,7	16,7	16,7	0,0	16,7
Genette	25,0	50,0	25,0	25,0	25,0
Loutre	16,7	66,7	0,0	16,7	16,7
Martre / Fouine	42,1	34,2	7,9	5,3	23,7
Renard	30,8	23,1	0,0	0,0	46,2
Blaireau	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Hérisson	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ragondin	84,2	15,8	0,0	0,0	0,0
Sanglier	9,1	81,8	0,0	0,0	9,1
Chevreuil	30,0	70,0	0,0	0,0	0,0

Chez les individus du genre *Martes* (Martre / Fouine), qui sont les animaux les plus observés sur les enregistrements, une réaction au dispositif est observée dans la majorité des contacts (22 cas sur 38) titre avec unité en %. Le renard, lui, ressort comme l'espèce ayant le plus un comportement alerte vis-à-vis des tunnels

Tableau 3 – Proportion des types de réactions observées selon les espèces (en %)

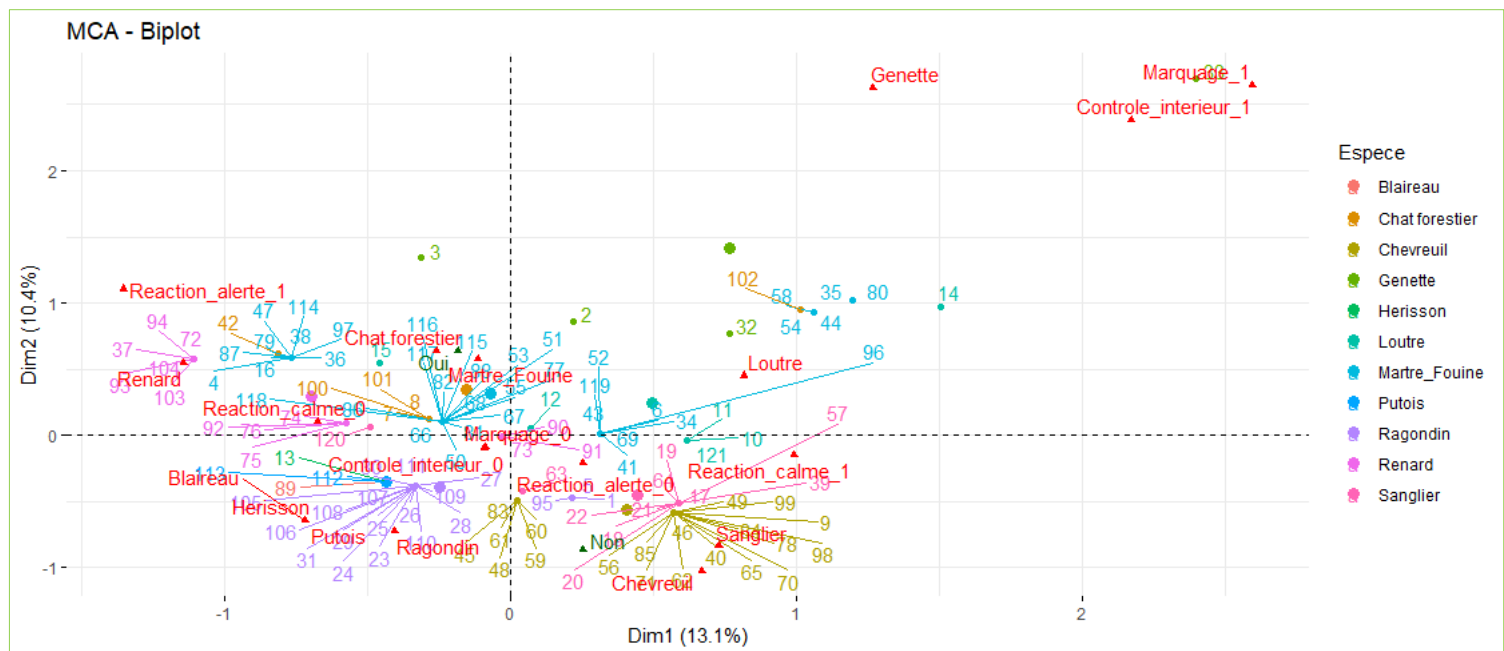
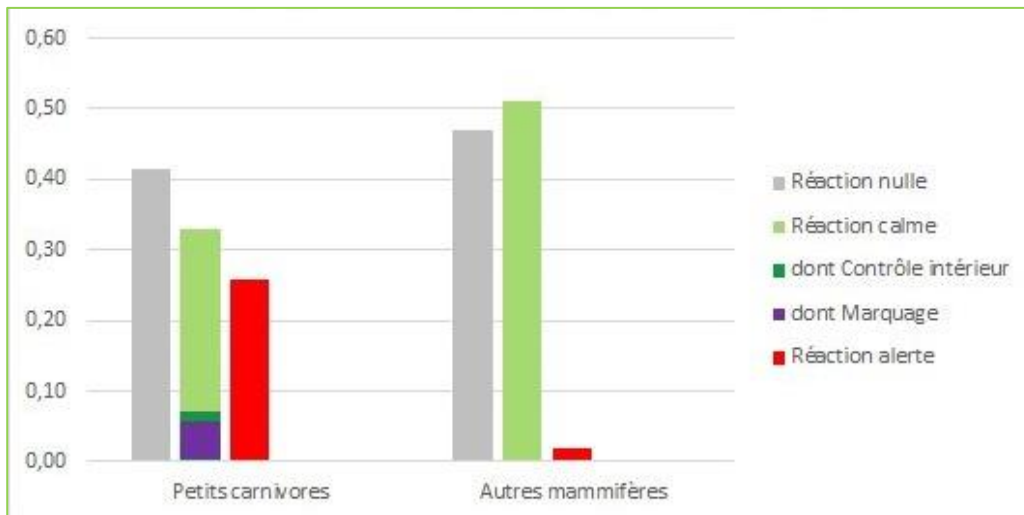


Figure 7 – Distribution sur les dimensions 1 et 2 des différentes catégories de variables et des individus (animaux filmés)

traîtée en tant que variable supplémentaire. La figure 7 permet aussi de remarquer que la catégorie *Réaction alerte 1* est négativement corrélée avec les catégories *Marquage* et *Contrôle intérieur*, qui sont les 2 réactions les plus directes avec le dispositif. Les individus de renards contactés sont plutôt proches de la variable « réactions d'alerte » (corrélation positive) alors que les individus de genette sont plutôt proches des variables 'marquage' et « contrôle du dispositif ». Les autres espèces sont plus ou moins réparties sur l'axe 1 autour de l'origine, soit corrélées avec les réactions calmes (sur la partie positive de l'axe, à droite), soit corrélées avec l'absence de réaction observée (partie négative, à gauche). Le chevreuil et le sanglier sont positionnées relativement proches sur les axes. Le ragondin, le hérisson et le putois sont très fortement corrélés et occupent la même place.

Une distribution des espèces autour de l'axe 2 ressort du graphique, avec dans l'ensemble les petits carnivores

sur la partie positive et les autres espèces (sanglier, chevreuil, ragondin, hérisson) sur la partie négative. Cette distribution par appartenance au groupe des petits carnivores est aussi suggérée par la distribution des valeurs 1 / 0 de cette variable supplémentaire *Groupe Petits Carnivores*. En distinguant les espèces de petits carnivores des autres mammifères dans le traitement des données, il est possible de comparer les le résultat qui ressort de A l'exception d'un enregistrement de sanglier ayant une réaction alerte vis-à-vis du dispositif, tous les animaux n'appartenant pas au groupe des petits carnivores montrent ou une absence de réaction (47%) ou une réaction calme (51%). En revanche, sur l'ensemble de ces enregistrements les espèces de petits carnivores ont plus tendance à réagir à la présence de tunnels, avec 26% de réactions alertes, un contrôle de l'intérieur du piège pour 7% des cas, avec parfois le corps presque à moitié rentré dans le tunnel, et du marquage pour 6% des animaux.



La configuration des catégories de variables obtenue sur les deux premières dimensions de l'ACM et leur apparente distribution entre petits carnivores et autres taxons laissent suggérer des réactions déterminées par l'appartenance à l'un ou l'autre de ces groupes taxonomiques. Cela est à considérer avec précaution.

Figure 8 – Proportion des types de réaction chez les animaux contactés selon qu'ils appartiennent ou non au groupe des petits carnivores.

Ces résultats sont présentés sur la figure 8 ci-dessus.

IV) Discussion

1. Interprétation des résultats :

Les empreintes de micromammifères doivent encore être analysées par le GREGE, et il n'est pas exclue que parmi les plus grandes d'entre elles ne soient dissimulées des empreintes de belette, ces résultats concernant le nombre d'empreintes de mustélidés ne sont donc pas définitifs, de même qu'il manque le dernier relevé pour obtenir les résultats définitifs de l'étude.

Sur les secteurs où le putois a été noté ces dernières années, le dispositif des tunnels à empreintes n'a pas permis de recontacter l'espèce, pas plus qu'il n'a permis de révéler sa présence sur des secteurs où l'espèce n'était pas connue.

La mise en place de 60 tunnels à empreintes en Haute-Vienne n'a donc

pas permis d'améliorer la connaissance de la répartition du putois en Limousin, ce qui est en opposition à l'hypothèse H2 : **l'utilisation de tunnels à empreintes n'a pas favorisé la détection de l'espèce.**

La pose de pièges photo sur 45 sites sur des périodes de 2 semaines a permis d'enregistrer un putois passant au niveau d'un tunnel à empreintes, sur un secteur où il n'a jamais été observé. Cela va dans le sens de l'hypothèse H3, **le putois étant probablement présent sur des secteurs sans qu'il ne soit jamais observé.** Ce biais de détection n'a pas pu être corrigé par les tunnels à empreintes dans ce cas précis, avec **un refus de passage observé**, ce qui est contraire à l'hypothèse H1 : **le putois, espèce ciblée par l'étude, n'a pas utilisé de tunnels.** Si les données de présence - absence sont à considérer comme des données de détection – non détection (H3), l'absence du putois sur les secteurs étudiés n'est pas à exclure, l'espèce n'ayant été détectée qu'une seule fois malgré l'effort d'échantillonnage de 45 poses de pièges photos et l'utilisation de 60 tunnels à empreintes.

1.1 Les tunnels à empreintes

Si, dans la bibliographie, il ressort qu'une empreinte de mustélidés est obtenue en moyenne toutes les 198 nuits-tunnels et que pour confirmer la présence ou l'absence du putois sur un carré kilométrique, il faut un effort de 280 nuits-pièges (Marchesi *et al.*, 2004 ; Maddalena *et al.*, 2009), le taux de détectabilité avec les tunnels à empreintes est assez variable. Ainsi, sur deux études menées avec 10 tunnels par carré kilométrique, l'une présente un taux de détection du putois de 165 nuits-tunnels et l'autre un effort minimal de 569 nuits-tunnels (Marchesi *et al.*, 2014), de même que des empreintes de putois ont été trouvées à 5 reprises sur une session de 252 nuits-tunnels, en ayant recours à seulement 2 tunnels par carré kilométrique (Fontana *et al.*, 2007).

Cette variabilité laisse à penser que le taux de détection est conditionné par l'abondance des espèces cibles. Avec aucune empreinte de putois pour 1 376 nuits-tunnels, l'étude menée en Haute-Vienne peut suggérer une faible (voir très faible) abondance de putois, tout comme une faible abondance de Belette et d'Hermine avec un ratio d'une empreinte de mustélidés pour 688 nuits-tunnels (la martre et la Fouine n'étant pas ciblées avec la taille réduite des tunnels).

Lors d'une session de relevé des tunnels effectuée le 09 août, 7 tunnels avaient leur feutrine séchée, ne libérant plus d'encre. Ce relevé faisait suite à une semaine de très forte chaleur. Ces dispositifs n'ont donc pas été fonctionnels jusqu'au 7^{ème} jour et n'ont donc pas couvert entièrement une semaine de pose, et il n'est pas non plus exclu que des mustélidés les aient

utilisés alors qu'il n'y avait plus d'encre libérée par la feutrine.

1.2 Les pièges photos

Les résultats obtenus à partir des vidéos laissent à penser une différence d'approche des dispositifs selon les espèces. Il est notamment possible d'imaginer que les espèces de petits carnivores interagissent plus avec les tunnels que les autres mammifères (sanglier, chevreuil, ragondin, hérisson). De même, le renard ressort comme une espèce étant très alerte vis-à-vis du dispositif. Cette espèce est connue comme une espèce pionnière sur d'autres dispositifs tels que les passages à faune mais présentant de nombreux comportements de méfiance voir des refus de passages (Fagart *et al.* 2016, Abel comm pers. 2021).

Ceci dit, le protocole mis en place n'avait pas pour objectif une étude approfondie du comportement de la faune. Les interprétations qui peuvent être faites des enregistrements sont donc à faire avec précaution, comme par exemple la part de déterminisme de l'appartenance ou non au groupe des petits carnivores dans les comportements suscités par les tunnels. La proportion des différents types de réaction vis-à-vis du dispositif, pour une espèce donnée, peut notamment être impactée par le nombre d'individus différents filmés, et donc le passage à plusieurs reprises d'un même individu (découverte / banalisation du dispositif).

2. Réflexion sur l'étude menée :

Plusieurs éléments peuvent avoir conduit à l'absence de détection de putois par la reprise ici de la méthode standardisée de Marchesi (2014).

2.1 Le matériel utilisé

Pour le suivi des petits mustélidés, la méthode des tunnels à empreintes de Paul Marchesi (2014) a été développée et testée avec des tunnels en bois. Ici, du polypropylène alvéolé a été utilisé afin de faciliter la fabrication et le transport des tunnels et en réduire le coût (Savouré-Soubelet *et al.*, 2011). On ne peut pas écarter une éventuelle baisse d'attractivité des tunnels en plastique plutôt qu'en bois, dont l'odeur et l'apparence seraient plus naturels. Cependant, de tels tunnels ont déjà été utilisés avec succès, pour les mêmes avantages cités ci-avant (Gomper *et al.*, 2006), à l'exception qu'il s'agissait d'un polypropylène noir et non blanc comme ici. Ce matériau a aussi été utilisé en étant recouvert de plastique noir et formant un tube pour créer un « effet tanière », ce qui diminuait la méfiance des animaux envers le dispositif (Fontana *et al.*, 2007). L'attractivité a peut-être été affectée par le blanc, qui a l'avantage de garder l'encre plus au frais qu'avec un matériau noir. Ceci dit, ici les tunnels ont été partiellement camouflés, les enregistrements vidéo ne montrent pas particulièrement un rejet des tunnels par la faune, plutôt intriguée, et en dehors des micromammifères et des oiseaux, ils ont tout de même été visités par une Hermine et une martre ou fouine. De plus Marchesi (2004) indique que camoufler les tunnels les rend moins attractifs car moins visibles.

L'attractivité des tunnels est aussi influencée par leur taille. Une étude comparant plusieurs tunnels a montré que les tunnels les plus grands et non obstrués sont les plus effectifs (Loukmas *et al.*, 2003). Si la taille des tunnels limite leur utilisation par des mustélidés du genre *Martes*, elle ne devrait pas être problématique pour l'espèce cible qu'est le putois, ni pour la Belette et l'Hermine, plus petites et cibler secondairement de manière opportuniste.

Le recours à des appâts ne serait pas une solution car il apparaît qu'il ne permet pas d'augmenter significativement le nombre d'utilisation par les mustélidés contrairement à celle des rongeurs, qui pollueraient les feuilles de nombreuses traces (Marchesi *comm. pers.* in Savouré-Soubelet *et al.*, 2011).

Evidemment, le nombre de tunnels utilisés influence la probabilité de détection, qui augmente avec la quantité de tunnels (Soubelet, A. 2010). Ce nombre varie selon les études. Si la méthode standardisée par Marchesi (2014) indique la pose de 5 tunnels au sol, il a étudié des sites (carrés kilométriques) équipés de 10 tunnels, et il retient qu'un effort d'au moins 280 nuits-tunnels permettrait de confirmer la présence ou l'absence du putois sur un site d'un km² (Maddalena *et al.*, 2009). Le putois a déjà été étudié et détecté avec l'utilisation de seulement 2 tunnels par carré kilométrique (Fontana *et al.*, 2007), et le recours à 5 tunnels dans la présente étude est déjà conséquent (Fournier *comm. pers.*). Si la probabilité de détection peut être augmentée avec le nombre de pièges, elle est donc théoriquement satisfaisante ici. Enfin, cela dépend aussi de l'abondance des

espèces. Celle du putois est, vraisemblablement faible, ce qui nécessiterait peut-être une plus grande densité de pièges (Marchesi *et al.* 2014).

2.2 La période de pose

Il est important de prendre en compte la phénologie de l'espèce étudiée afin de maximiser la réussite de l'étude. Deux périodes sont ainsi favorables à l'étude du putois par tunnels à empreintes, du fait d'une saisonnalité dans leur schéma de déplacements. Ainsi, la période de rut est favorable à un plus grand nombre de visite des pièges, avec les mâles explorant plus leur domaine vital pour rencontrer des femelles, soit en mars-avril pour le putois (Savouré-Soubelet *et al.*, 2011 ; Loukmas *et al.*, 2003). De plus, les amphibiens représentent une part importante des proies consommées par le putois au printemps (printemps (Lodé, T. 1993 ; Lodé, T. 1994), et faire l'étude à cette saison permet de cibler efficacement les zones humides riches en amphibiens (Maddalena *et al.*, 2009). L'autre période favorable correspond à celle de l'émancipation des jeunes, à l'automne. C'est à cette période de l'année qu'ils vont se disperser et donc être amenés à plus se déplacer, augmentant les chances de visites, d'autant que les jeunes, moins méfiants et expérimentés, seraient plus enclins à rentrer dans un tunnel que les adultes (Fontana *et al.*, 2007). Si elle est favorable à une meilleure détection de l'espèce, elle n'est pas idéale dans le cadre d'une étude d'abondance, ce qui n'est pas le cas de la présente étude, car il risquerait d'y avoir une surestimation de la taille de population (Savouré-Soubelet *et al.*, 2011). Pour

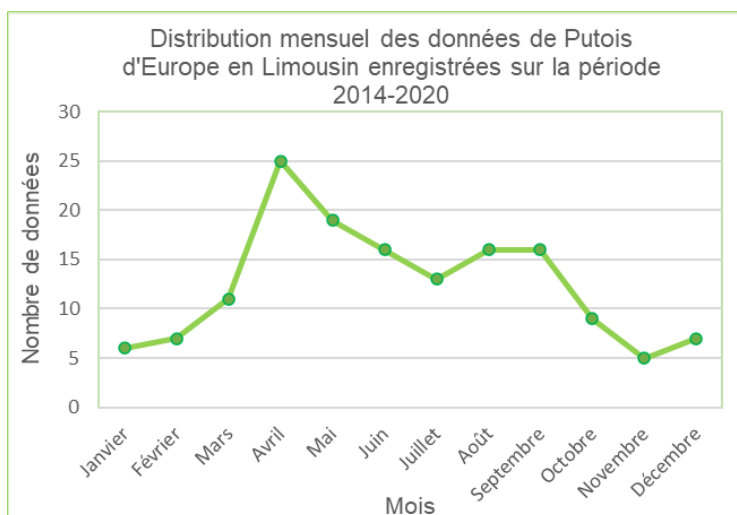


Figure 9 – Distribution mensuel des données de putois enregistrées en Limousin sur la période 2014 - 2020

cette étude, la période correspondant à la sortie des jeunes a été retenue sous la contrainte des dates de stage. Ces dernières n'ont pas permis de le faire sur l'une des deux périodes prémentionnées, qui seraient à cibler pour de futures études. Les pics d'observations enregistrées en Limousin de 2014 à 2020 correspondent d'ailleurs à ces deux périodes avec une augmentation des données observées en avril-mai et août-septembre, comme l'illustre la figure 9 ci-dessus. De plus une pose au printemps limite le risque de jours à très forte chaleur susceptible d'assécher la feutrine et donc de rendre le dispositif non-fonctionnel.

2.3 Le site de pose

Les endroits où les tunnels sont placés vont aussi déterminer la détectabilité l'espèce. Les écotones forestiers et les haies sont par exemple des sites de passage important pour les mustélidés (Marchesi *et al.* 2014). Les zones humides riches en amphibiens, qui constituent au printemps des proies importantes pour le putois, sont aussi des sites à privilégier pour la pose des

tunnels (Maddalena *et al.*, 2009). Les coulées sont des sites à privilégier, la probabilité de rencontre par un mustélidé pouvant être plus faible dans un site jugé favorable que sur un site de passage (Fournier *comm. pers.*). De même, dans la stratégie de pose il serait bon de contraindre le passage dans le tunnel, en limitant les possibilités de le contourner, comme avec des coulées assez fermées dans la végétation (Fournier *comm. pers.*).

V) Conclusion

L'étude du putois à l'aide de tunnels à empreintes n'a pas permis de mieux détecter l'espèce en Haute-Vienne, malgré d'importants efforts d'observations mis en place.

De la même manière que le taux de détection a été comparé entre tunnels de différentes tailles (Loukmas *et al.*, 2003), il serait intéressant de tester des tunnels en polypropylène et des tunnels en bois afin de comparer leur efficacité.

Ceci dit, plus que le piège utilisé, c'est sa pose qui semble prépondérante dans la détectabilité du putois. Cela concerne autant le milieu, la configuration et la période de pose. La période de rut serait notamment à retenir pour une prochaine étude.

Bien que des études ont montré une moindre efficacité des pièges photos pour détecter les mustélidés (Gompper *et al.*, 2006, Lyra-Jorge *et al.*, 2008), c'est grâce à un de ces dispositifs que le seul putois de l'étude a été détecté. Ce matériel a aussi permis de révéler la présence d'espèces pour lesquelles les prospections de traces et indices sont peu performantes, comme le Chat forestier et la Genette commune. On

peut penser que la rapidité des mouvements des mustélidés diminue l'efficacité des pièges photos, qui ont souvent une latence de déclenchement. Coupler l'utilisation de pièges photo avec celles de tunnels pourrait permettre de garder plus longtemps à l'image les mustélidés, interpellés par la présence du dispositif. Mais cela demande un nombre important de pièges photos, alors qu'il est plus facile d'avoir un grand nombre de tunnels, pour un coût financier bien moins important.

Même si une probabilité de détection plus importante pourrait être obtenue en opérant différemment, il paraît malheureusement peu envisageable que les cas de détection augmentent autant. En effet, il est important de garder à l'esprit que les très rares données de putois, que ce soit à travers cette étude ou dans l'ensemble, s'inscrivent dans un contexte de déclin générale en France et en Europe. Avec la pression d'observation de cette étude, l'absence quasi totale de putois lors des détections laisse penser que l'espèce est peu abondante en Limousin, si ce n'est en mauvais état de conservation.

Il est urgent que l'Etat respecte enfin ses engagements avec les textes européens et œuvre pour la conservation de l'espèce. Si on peut espérer qu'un statut de protection soit rapidement décrété pour l'espèce, ce simple statut n'annihilerait pas les nombreuses menaces qui pèsent sur le putois. Il convient notamment de réduire drastiquement l'urbanisation de nos paysages, ce qui permettrait de conserver les milieux naturels et les espèces qu'ils abritent, qu'elles soient rares, ordinaires, protégées,

menacées, utiles, nuisibles...
Qualificatifs qui n'ont de raison d'être
que dans l'esprit humain, car dans la
nature, les espèces sont, et c'est bien
suffisant pour vouloir les préserver.

BIBLIOGRAPHIE

Albaret, M, et al. *Nouvelle enquête sur la destruction*. 2014, p. 7.

Baghli, A, et al. « Habitat Use by the European Polecat *Mustela Putorius* at Low Density in a Fragmented Landscape ». *Wildlife Biology*, vol. 11, n° 4, décembre 2005, p. 331-39.

Baghli, A, et Verhagen, R. « Home Ranges and Movement Patterns in a Vulnerable Polecat *Mustela Putorius* Population ». *Acta Theriologica*, vol. 49, n° 2, septembre 2004, p. 247-58.

Baghli, A, et Verhagen, R. « The Distribution and Status of the Polecat *Mustela Putorius* in Luxembourg: Polecats in Luxembourg ». *Mammal Review*, vol. 33, n° 1, mars 2003, p. 57-68.

Barrientos, R., et L. Bolonio. « The Presence of Rabbits Adjacent to Roads Increases Polecat Road Mortality ». *Biodiversity and Conservation*, vol. 18, n° 2, février 2009, p. 405-18.

Berzins, R, et Ruetten, S. « Status of the Polecat *Mustela Putorius* (Linnaeus, 1758) in France and Management Implications ». *Munibe Monographs. Nature Series*, vol. 3, 2014, p. 101-08.

Birks, J. D. S. « Secondary Rodenticide Poisoning Risk Arising from Winter Farmyard Use by the European Polecat *Mustela Putorius* ». *Biological Conservation*, vol. 85, n° 3, septembre 1998, p. 233-40.

Blant, M, Maddalena, T, et al. « Biomonitoring des petits carnivores à Genève ». 2004, Faune Concept, p.9.

Capt, S, et al. « L'utilisation de tunnels à traces pour le monitoring des petits mammifères (carnivores, rongeurs) ». . . *Bull. Murithienne*, 2014, p. 7.

Costa, M, et al. « Ecology and Conservation of the Polecat *Mustela Putorius* (Linnaeus, 1758) in Portugal: A Review ». *Munibe Monographs. Nature Series*, vol. 3, 2014, p. 79-87.

Croose, E, et al. « A Review of the Status of the Western Polecat *Mustela Putorius*: A Neglected and Declining Species? » *Mammalia*, vol. 82, n° 6, novembre 2018, p. 550-64.

Croose, L. « The Distribution and Status of the Polecat (*Mustela Putorius*) in Britain 2014-2015 ». The Vincent Wildlife Trust, 2016.

Elmeros, M, et al. « Exposure of Stone Marten (*Martes Foina*) and Polecat (*Mustela Putorius*) to Anticoagulant Rodenticides: Effects of Regulatory Restrictions of Rodenticide Use ». *Science of The Total Environment*, vol. 612, janvier 2018, p. 1358-64.

Fagart, S, Heurtebise, C, Quaintenne, G, Jourde, P, Micol T. « Fréquentation de buses dédiées aux passages de la petite et moyenne faune sous 2 autoroutes de l'ouest de la France. Bilan des deux premières années de suivis par pièges photographiques », La Terre et la Vie, *Revue d'Ecologie*, Vol. 71 (1) 2016 : 82-98

Fontana, R, Lanzi, A, Lelli, E et al. « On the use of tracking-plates to verify the presence of the European Polecat ». p. 4.

Fontana, R, Lanzi, A, Amorosi, F et al. « Utilization of tracking plates to verify the presence of the European Polecat (*Mustela Putorius*) in the northern Apennines » p. 7.

Gompper, M. E., et al. « A Comparison of Noninvasive Techniques to Survey Carnivore Communities in Northeastern North America ». *Wildlife Society Bulletin*, vol. 34, n° 4, novembre 2006, p. 1142-51.

Skumatov, D., Abramov, A.V., Herrero, J., Kitchener, A., Maran, T., Kranz, A., Sándor, A., Saveljev, A., Savouré-Soubelet, A., Guinot-Ghestem, M., Zuberogioitia, I., Birks, J.D.S., Weber, A., Melisch, R. & Ruetten, S.: IUCN. *Mustela Putorius*. *The IUCN Red List of Threatened Species 2016*: E.T41658A45214384. International Union for Conservation of Nature, 5 mars 2016.

Kristiansen, L. V., et al. « Mortality and Reproductive Patterns of Wild European Polecats *Mustela Putorius* in Denmark ». *Acta Theriologica*, vol. 52, n° 4, décembre 2007, p. 371-78.

Lacoste, N, et R, P. « Plan national de conservation du Putois d'Europe (*Mustela putorius*) en France – Propositions à mettre en œuvre par l'État dans le cadre d'un Plan national d'actions ». Société française pour l'étude et la protection des mammifères, Bourges, 2021, p.119

Lodé, T. « Can Low Densities of Carnivores Result in Genetic Depletion? An Investigation within French Polecat Populations ». *Journal of Animal Breeding and Genetics*, vol. 123, n° 3, juin 2006, p. 152-58.

Lodé, T. « Environmental Factors Influencing Habitat Exploitation by the Polecat *Mustela Putorius* in Western France ». *Journal of Zoology*, vol. 234, n° 1, septembre 1994, p. 75-88.

Lodé, T. « Functional Response and Area-Restricted Search in a Predator: Seasonal Exploitation of Anurans by the European Polecat, *Mustela Putorius*. » p. 9.

Lodé, T. « Conspecific Tolerance and Sexual Segregation in the Use of Space and Habitats in the European Polecat ». *Acta Theriologica*, vol. 41, juin 1996, p. 171-76.

Lodé, T. « Diet Composition and Habitat Use of Sympatric Polecat and American Mink in Western France ». *Acta Theriologica*, vol. 38, mai 1993, p. 161-66.

Lodé, T. « Habitat Selection and Mating Success in a Mustelid ». *International Journal of Zoology*, vol. 2011, 2011, p. 1-6.

Lodé, T. « Implications of an Individualistic Lifestyle for Species Conservation: Lessons from Jealous Beasts ». *Comptes Rendus Biologies*, vol. 326, août 2003, p. 30-36.

Lodé, T. « Stratégies d'utilisation de l'espace chez le Putois européen *Mustela Putorius* dans l'ouest de la France ». p. 18.

Lodé, T. « Trophic status and feeding habits of the European Polecat *Mustela putorius* L. 1758 ». *Mammal Rev.* vol. 27, 1997, n°4 , p. 177-184

Loukmas, J J., et al. « Track Plate Enclosures: Box Designs Affecting Attractiveness to Riparian Mammals ». *The American Midland Naturalist*, vol. 149, n° 1, janvier 2003, p. 219-24.

Lyra-Jorge, M. C, et al. « Comparing Methods for Sampling Large- and Medium-Sized Mammals: Camera Traps and Track Plots ». *European Journal of Wildlife Research*, vol. 54, n° 4, octobre 2008, p. 739-44.

Maddalena, T, et al. « La situazione della puzzola (*Mustela putorius* Linnaeus, 1758) nel Cantone Ticino (Svizzera) ». 2009, p. 6.

Marchesi, P., et al. « Situation des petits carnivores en Suisse et bases pour un programme de monitoring nationa ». 2004, p. 66.

Ryšavá-Nováková, M, et Koubek, P. « Feeding Habits of Two Sympatric Mustelid Species, European Polecat *Mustela Putorius* and Stone Marten *Martes Foina*, in the Czech Republic ». p. 10.

Sainsbury, K. A., Shore, R. F, Schofield, H, Croose, E, Hantke, G et al. « Diets of European Polecat *Mustela Putorius* in Great Britain during Fifty Years of Population Recovery ». *Mammal Research*, vol. 65, n° 2, avril 2020, p. 181-90.

Sainsbury, K. A., Shore, R. F, Schofield, H, Croose, E, Pereira, M. G et al. « Long-Term Increase in Secondary Exposure to Anticoagulant Rodenticides in European Polecats *Mustela Putorius* in Great Britain ». *Environmental Pollution*, vol. 236, mai 2018, p. 689-98.

Savouré-Soubelet, A, Ruelle, S, Haffner, P, Rousset, G. « Proposition de protocoles de suivi de la Martre (*Martes martes*), de la Belette (*Mustela nivalis*) et du Putois (*Mustela putorius*). Rapport SPN 2012-29, 2012, p.46.

Soubelet, A. « Validation de protocoles de collecte de données sur les petits carnivores de la région Midi-Pyrénées afin de cartographier leur répartition ». 2010, p.60.

ANNEXES

ANNEXE 1 : Fiche terrain

N° Maille

Commune:

Date de pose:

N° tunnel	Coordonnées GPS		Type de zone	Empreintes Oui / NON			
1	X:	Y:					
2	X:	Y:					
3	X:	Y:					
4	X:	Y:					
5	X:	Y:					
Piège photo n° - Tunnel: - Tunnel:			Date du relevé:				
			Commentaire:				

ANNEXE 2 : Extrait de la matrice utilisée pour l'ACM

Espece	Interaction_sensorielle	Reaction_calme	Reaction_alerte	Controle_interieur	Marquage	Groupe_Petits_Carnivores
Ragondin	1	1	0	0	0	Non
Genette	0	0	0	0	0	Oui
Genette	1	0	1	0	0	Oui
Martre_Fouine	1	0	1	0	0	Oui
Ragondin	1	1	0	0	0	Non
Martre_Fouine	1	1	0	0	0	Oui
Chat_forestier	0	0	0	0	0	Oui
Chat_forestier	0	0	0	0	0	Oui
Chevreuil	1	1	0	0	0	Non
Loutre	1	1	0	0	0	Oui
Loutre	1	1	0	0	0	Oui
Loutre	0	0	0	0	0	Oui
Herisson	0	0	0	0	0	Non
Loutre	1	1	0	0	0	Oui
Loutre	1	0	1	0	0	Oui
Martre_Fouine	1	0	1	0	0	Oui
Sanglier	1	1	0	0	0	Non
Sanglier	1	1	0	0	0	Non
Sanglier	1	1	0	0	0	Non
Sanglier	1	1	0	0	0	Non
Sanglier	1	1	0	0	0	Non
Sanglier	1	1	0	0	0	Non
Sanglier	1	1	0	0	0	Non
Ragondin	0	0	0	0	0	Non
Ragondin	0	0	0	0	0	Non
Ragondin	0	0	0	0	0	Non
Ragondin	0	0	0	0	0	Non
Ragondin	0	0	0	0	0	Non
Ragondin	0	0	0	0	0	Non
Ragondin	0	0	0	0	0	Non
Ragondin	0	0	0	0	0	Non
Ragondin	0	0	0	0	0	Non
Genette	1	1	0	0	0	Oui

ANNEXE 3 : Rétroplanning du stage

	Semaine																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Recherche bibliographique																									
Analyse des données																									
Elaboration du protocole																									
Préparation du terrain																									
Mise en place du protocole																									
Rédaction du rapport																									

ANNEXE 4 : Tableau des tâches

<i>Intervenant</i>	Idée originale	Bibliographie	Elaboration du protocole	Mise en place du protocole	Collecte des données	Analyse statistique	Rédaction
Principal	Fabien Delorme	Fabien Delorme	Fabien Delorme	Fabien Delorme	Fabien Delorme	Fabien Delorme	Fabien Delorme
Secondaires	Marie Abel		Marie Abel & Gabriel Métegnier			Gabriel Métegnier	