



© JStolp

Efficacité du protocole de suivi de présence de la Loutre d'Europe (*Lutra lutra*) sur le territoire français et pistes d'améliorations



Tutrice de stage : Marie MASSON  
M2 EEE - Université de Strasbourg  
Année universitaire 2020-2021





## RÉSUMÉ

*Prénom et nom du candidat* : Léa FERRAND

*Spécialité de Master* : Master Sciences du vivant, parcours Écophysiologie, Écologie et Éthologie

*Structure d'accueil* : Société Française pour l'Étude et la Protection des Mammifères (SFEPM)

*Responsable du stage* : Marie MASSON

### **Efficacité du protocole de suivi de présence de la Loutre d'Europe (*Lutra lutra*) sur le territoire français et pistes d'améliorations.**

*Mots clés* : Loutre d'Europe (*Lutra lutra*), protocole, méthodologie, évaluation, répartition, recolonisation, statut, probabilité de détection, protocole, logiciel Presence

La Loutre d'Europe est une espèce qui avait disparu des deux tiers du territoire français à la fin des années 1970, principalement à cause de la chasse et du piégeage. Devenue espèce protégée en 1981, elle est depuis en phase de reconquête de ses anciens territoires.

Depuis 2010, des plans nationaux d'actions incluant du suivi de la répartition de la Loutre sont mis en place. Ces suivis, qui reposent sur des recherches d'indices de présence comme les empreintes ou les épreintes, sont nécessaires pour mettre en place des mesures de protection dans les régions nouvellement peuplées. Ils s'appuient sur un protocole standard, proposé par l'UICN, qui consiste à prospecter, sur un linéaire de 600 m, 4 points placés dans une maille de 100 km<sup>2</sup>.

L'efficacité de cette méthode a été estimée grâce aux probabilités de détection obtenues dans différentes régions françaises. Ce protocole s'avère plus efficace en zone de présence permanente de l'espèce ( $p=0,76$ ) qu'en zone de recolonisation ( $p=0,40$ ).

Des études paramétriques ont été réalisées à la recherche de pistes d'amélioration de ce protocole. En plus de favoriser les mois d'octobre à avril, il est recommandé dans les régions à faible densité de loutres, d'entreprendre des efforts de prospection supplémentaires. En effet, réaliser 7 points au lieu de 4 sur une maille permet d'augmenter de façon non négligeable le pourcentage de mailles positives. L'exemple des données de la SHNA le prouve : sur 100 mailles prospectées, 7 sont trouvées positives grâce à l'ajout de ces 3 points. De même, il serait bénéfique d'organiser une seconde session de prospection des mailles négatives.

Des analyses supplémentaires devront être effectuées pour étudier le paramètre « linéaire prospecté ». Enfin, des discussions entre les structures réalisant des suivis de la Loutre seront nécessaires pour trouver un protocole convenant à tous afin d'homogénéiser les méthodes utilisées.

## REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier en premier lieu ma tutrice de stage, Marie Masson, pour avoir toujours été disponible et m'avoir aidée à faire face aux difficultés rencontrées ; ainsi que Christian Arthur, président de la SFEPM, pour ses nombreuses connaissances et ses relectures. J'y associe l'ensemble de l'équipe pour son accueil et sa bienveillance tout au long de mon stage. En particulier Dominique Pain et Mélanie Dunand, qui ont constitué de précieuses collègues de travail et ont participé à la bonne ambiance au bureau.

Je remercie également :

- Éric Petit, directeur de recherche à l'INRAE, pour son aide et ses conseils concernant l'organisation des données et l'utilisation du logiciel Presence, tout cela de façon bénévole.
- Franck Simmonet, chargé de mission au Groupe mammalogique breton, qui a fourni une base de données conséquente et m'a donné plusieurs astuces de manipulation d'Excel ou de QGIS qui se sont avérées très pratiques.
- Romain Baghi, responsable technique pour l'Observatoire national des mammifères, pour son aide à la rédaction du script Python permettant une réorganisation efficace de mes divers tableaux de données.
- Anna Loy, coprésidente du groupe Loutre de l'UICN et Andreas Kranz, ingénieur en écologie en Autriche, ayant une longue expérience du suivi de la Loutre, pour les échanges très intéressants que nous avons eus.
- Véronique Barthélémy de la DREAL Nouvelle-Aquitaine, sans qui ce stage n'aurait pas eu lieu.

Enfin, je remercie tous les collaborateurs du PNA Loutre ayant acceptés de nous fournir leurs données : Mélanie Aznar (Groupe Mammalogique d'Auvergne), Marie Abel (Groupe Mammalogique et Herpétologique Limousin), Bastien Thomas et Laetitia Faine (Groupe Mammalogique Normand), Xavier Birot-Colomb (LPO AuRA), Robin Lhuillier (LPO PACA), Jean-Michel Catil (Nature en Occitanie), Damien Lerat (Société d'Histoire Naturelle d'Autun), Angélique Villéger (Sologne nature environnement), Estelle Laoué (Groupe de Recherche et d'Etude pour la Gestion de l'Environnement). Sans eux, cette étude n'aurait pas pu être réalisée.



## TABLE DES MATIERES

<b>LISTE DES ABREVIATIONS .....</b>	<b>1</b>
<b>CONTRIBUTION DE L'ETUDIANT.....</b>	<b>2</b>
<b>I. INTRODUCTION.....</b>	<b>3</b>
<b>II. MATERIELS ET METHODES.....</b>	<b>6</b>
II.1. PRÉSENTATION DE LA LOUTRE D'EUROPE .....	6
II.2. DIFFÉRENTS STATUTS DE PRÉSENCE DE LA LOUTRE .....	6
II.3. PROTOCOLE STANDARD DÉTAILLÉ (KUHN <i>ET AL.</i> , 2019).....	7
II.4. STRUCTURES PARTICIPANT À L'ÉTUDE ET PROTOCOLES ASSOCIÉS .....	8
II.5. TRAITEMENT DES DONNÉES.....	9
<i>II.5.a. Méthode de tri des données.....</i>	<i>9</i>
<i>II.5.b. Utilisation du logiciel Presence.....</i>	<i>9</i>
II.6. ANALYSES EFFECTUÉES .....	10
<i>II.6.a. Analyse n°1 : Efficacité du protocole standard : échelles nationale et régionale.....</i>	<i>10</i>
<i>II.6.b. Analyse n°2 : Mailles positives et nombre de points prospectés.....</i>	<i>11</i>
<i>II.6.c. Analyse n°3 : Réplicats temporels et saisonnalité .....</i>	<i>12</i>
<i>II.6.d. Analyse n°4 : Taux de détection en fonction de l'ancienneté de présence .....</i>	<i>12</i>
<i>II.6.e. Analyse n°5 : Protocole pour un suivi d'occupation .....</i>	<i>13</i>
<b>III. RÉSULTATS.....</b>	<b>13</b>
III.1. ANALYSE N°1 : EFFICACITÉ DU PROTOCOLE STANDARD : ÉCHELLES NATIONALE ET RÉGIONALE .....	13
<i>III.1.a. Efficacité du protocole à l'échelle nationale .....</i>	<i>13</i>
<i>III.1.a. Efficacité du protocole à l'échelle régionale .....</i>	<i>14</i>
III.2. ANALYSE N°2 : MAILLES POSITIVES ET NOMBRE DE POINTS PROSPECTÉS .....	15
III.3. ANALYSE N°3 : RÉPLICATS TEMPORELS ET SAISONNALITÉ .....	16
<i>III.3.a. Saisons favorable et défavorable .....</i>	<i>16</i>
<i>III.3.b. Saisons hivernale et automnale .....</i>	<i>16</i>
III.4. ANALYSE N°4 : TAUX DE DÉTECTION EN FONCTION DE L'ANCIENNETÉ DE PRÉSENCE .....	17
III.5. ANALYSE N°5 : PROTOCOLE POUR UN SUIVI D'OCCUPATION .....	17
<b>IV. CONCLUSION .....</b>	<b>18</b>
IV.1. DISCUSSION .....	18
IV.2. LIMITES .....	21
IV.3. PERSPECTIVES .....	22
<b>V. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....</b>	<b>23</b>
<b>VI. ANNEXES .....</b>	<b>26</b>

## LISTE DES ABREVIATIONS

### Structures :

GMA : Groupe Mammalogique d'Auvergne

GMB : Groupe Mammalogique Breton

GMHL : Groupe Mammalogique et Herpétologique Limousin

GMN : Groupe Mammalogique Normand

GREGE : Groupe de Recherche et d'Etude pour la Gestion de l'Environnement

LPO AuRA : Ligue de Protection des Oiseaux Auvergne - Rhône Alpes

LPO PACA : Ligue de Protection des Oiseaux Provence - Alpes-Côte d'Azur

MNHN : Muséum National d'Histoire Naturelle

NEO : Nature En Occitanie

SFEPM : Société Française pour l'Etude et la Protection des Mammifères

SHNA : Société d'Histoire Naturelle d'Autun

SNE : Sologne Nature Environnement

### Autres :

AIC : Critère d'Information d'Akaike

IC : Intervalle de Confiance

PNA : Plan National d'Actions

SAGE : Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux

UICN : Union Internationale pour la Conservation de la Nature

ZNIEFF : Zone Naturelle d'Intérêt Écologique, Faunistique et Floristique

## **CONTRIBUTION DE L'ETUDIANT**

- 1) Collecte des données : 0 %
- 2) Traitement des données : 100 %
- 3) Analyses statistiques des données : 100 %
- 4) Rédaction du mémoire : 100 %

## I. INTRODUCTION

Selon certains auteurs, nous nous trouvons actuellement confrontés à une sixième extinction de masse qui touche aussi bien le règne animal que végétal (Drake, 2017). Le terme d'extinction se réfère à une disparition quasi-totale de toute forme de vie sur la planète par des processus de diminution progressive de l'abondance et de l'aire de répartition géographique des espèces. Elles peuvent être causées par des événements climatiques, tectoniques ou cosmiques.

D'après une étude réalisée en 2019, plus de 237.000 populations appartenant à 515 espèces de vertébrés terrestres ont disparu au cours du vingtième siècle. Désormais, ces espèces, parmi lesquelles se trouvent le troglodyte de Clarion ou le rhinocéros de Sumatra, comptent moins de 1000 individus et pourraient disparaître d'ici une vingtaine d'années (Ceballos *et al.*, 2020).

Les experts estiment que l'effondrement actuel de la biodiversité est cette fois causé par de nombreuses pressions dues quasi-exclusivement aux activités anthropiques et à l'augmentation de la démographie humaine. En plus du dérèglement climatique, de nombreuses espèces doivent faire face à un manque de continuité écologique et d'habitat de bonne qualité. L'intensification des activités agricoles, ainsi que le développement de l'urbanisation, de l'industrialisation et des axes de communications, a entraîné la destruction, la pollution et réduction de nombreux milieux d'intérêt (Ceballos *et al.*, 2020). A tout cela peut s'ajouter de la compétition entre espèces autochtones et espèces exotiques envahissantes. Par exemple, le Vison d'Amérique, introduit en France pour sa fourrure, représente un concurrent direct du Vison d'Europe, espèce classée en danger critique d'extinction par l'Union Internationale de Conservation de la Nature (UICN) (Santulli *et al.*, 2014).

Alors que de nombreuses espèces sont sur le déclin, certaines présentent une dynamique opposée grâce à des mesures de protection de l'espèce, des restaurations d'habitats ou de populations... Le bouquetin ibérique (*Capra pyrenaica*), disparu des Pyrénées françaises depuis un siècle, présente désormais une population viable d'environ 400 individus (Gagnebet, 2020). Cela a été obtenu à la faveur de la protection de l'espèce en 2012 et grâce à un programme de réintroduction dans ce massif permettant un relâcher 220 individus depuis 2014. La Loutre d'Europe (*Lutra lutra*) fait partie de ces espèces. Animal emblématique, elle avait disparu des deux tiers du territoire français à la fin des années 1970, alors qu'historiquement son aire de répartition englobait tout le pays. Ce déclin était principalement dû à une chasse et un piégeage intensif pour sa fourrure. Des politiques de destruction de cet animal ont été menées avec versements de primes (du département ou de l'État) par tête de loutre tuée ou des concours de piégeage (Rosoux et Lemarchand, 2019). On estime à 4000



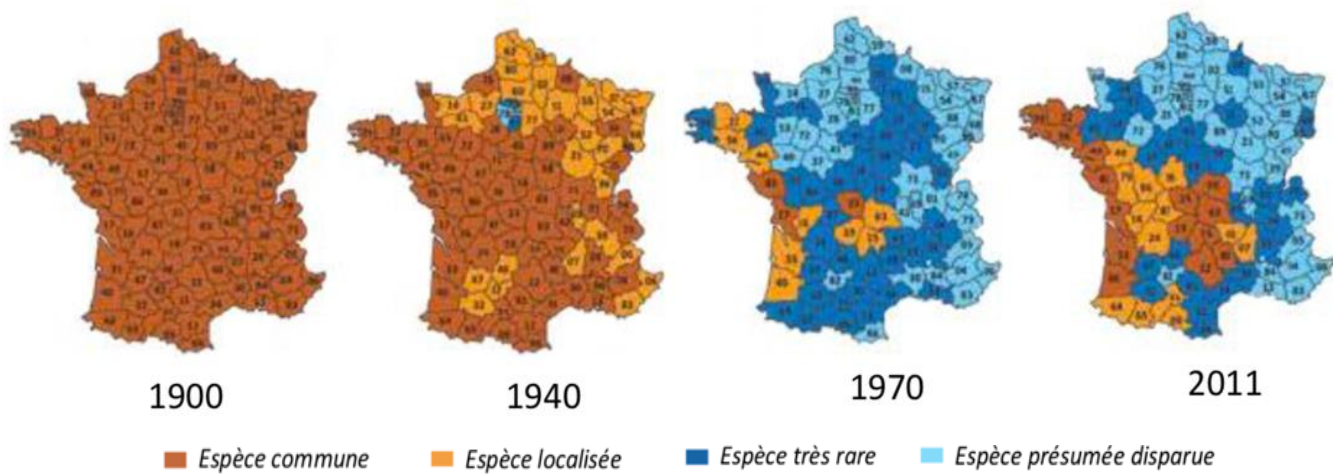


Figure 1 : Evolution de la présence de la Loutre en France métropolitaine entre les années 1900 et 2011

(© Biotope)

le nombre de loutres capturées en moyenne chaque année en France entre 1880 et 1940. Il faut ajouter à cela la dégradation de ses habitats et la pression humaine grandissante. En réaction à ces évènements, une prise de conscience collective a entraîné une protection légale de l'espèce en 1981, après l'interdiction de sa chasse en 1972. Depuis les années 90, la Loutre reprend possession de son ancien territoire et la recolonisation progresse à partir des quelques populations relictuelles de la façade atlantique et du Massif central (figure 1). Dorénavant, l'espèce est classée en préoccupation mineure en France selon l'UICN, ce qui signifie que la tendance globale des populations est estimée à la hausse, bien que l'état de conservation reste défavorable dans trois des quatre régions biogéographiques de métropole : continentale, méditerranéenne et alpine (Arthur, 2019, non publié).

Le maintien des populations actuelles de loutres et leurs mouvements de recolonisation sont soutenus par divers programmes de protection de l'espèce et de sensibilisation des populations humaines. Ainsi, entre 2010 et 2015, un premier Plan National d'Actions (PNA), outil régissant les stratégies nationales pour la conservation de l'espèce, a permis de développer diverses actions dans le but d'évaluer sa répartition sur le territoire métropolitain, de mieux connaître ses mouvements de recolonisation ou encore de réduire la mortalité routière, première cause de mortalité connue.

Ces diverses missions se retrouvent dans un second PNA planifié de 2019 à 2028 (Kuhn *et al.*, 2019). Son objectif est de favoriser et accompagner le retour de la Loutre dans son aire de répartition originelle, avec les meilleures conditions de cohabitation avec les activités humaines possibles. L'action n°1 de ce plan est centrée sur le suivi de la recolonisation et de la répartition de l'espèce. Le paramètre « Aire de répartition » est un des quatre paramètres clés utilisés dans l'évaluation de l'état de conservation pour le rapportage de la Directive Habitats, obligatoire tous les 6 ans (Arthur et Landry, 2015), et pour le classement Liste rouge UICN (UICN, 2012). La mesure de l'évolution de cette aire est donc nécessaire, en y incluant notamment les zones nouvellement conquises par l'espèce. La connaissance précise des zones occupées par la Loutre est aussi indispensable afin de mettre rapidement en place les mesures de protection en faveur de l'espèce comme l'arrêt du piégeage en X<sup>1</sup> le long des cours d'eau occupés. A ces dernières s'ajoutent des mesures de gestion telles que l'aménagement de passages à faune pour limiter les collisions routières, l'amélioration de la qualité des cours d'eau recolonisés ou la gestion des berges dans le cadre des SAGE<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> L'utilisation de pièges en X destinés au piégeage du ragondin (qui tuent l'animal en lui brisant la nuque) est interdite par la loi dans une zone de 200 m le long des cours d'eau occupés par la Loutre.

<sup>2</sup> SAGE : Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux qui inclut la gestion de la végétation et des berges, permettant ainsi la présence de catiches (gîtes utilisés par la Loutre pour se reproduire).

Afin d'évaluer ce paramètre « Aire de répartition », le protocole, adopté dès le premier PNA, a été celui de la méthode standard mise au point par le Groupe Loutre de l'UICN (Reuther *et al.*, 2000). Il consiste en la prospection, sur un linéaire de 600 mètres, de 4 points placés dans une maille 10x10 km<sup>2</sup> en Lambert 93. L'observateur recherche des indices de présence tels que des empreintes ou des épreintes (fèces de loutre contenant uniquement les restes non digérables de ses proies, souvent des écailles et des arêtes de poisson, et ayant une odeur caractéristique de miel). Pour autant, l'efficacité de ce protocole, basé sur l'étude de la probabilité de détection obtenue, n'a pas encore été évaluée sur le territoire français même si elle l'a été dans le cadre d'études européennes. Au Pays de Galles où la Loutre est bien présente, des chercheurs ont ainsi calculé une probabilité de détection de 0,26. Ils estiment par ailleurs que, pour obtenir une probabilité de détection de 0,8 sur des rivières de plaines, il faudrait travailler sur deux points séparés de 500m et effectuer, sur chaque point, trois relevés (espacés de deux semaines) sur des transects de 800 à 1000 mètres de long (Parry *et al.*, 2013).

L'intérêt principal du protocole de l'UICN est d'étudier la distribution de la Loutre à une échelle (supra)régionale en donnant une image rapide de sa présence ou de son absence potentielle. Sa limite réside dans le fait qu'il semble moins efficace dans les zones de recolonisation. En effet, les indices de présence de la Loutre d'Europe peuvent y être rares et très localisés puisqu'il a été démontré que le nombre d'indices par site positif diminue fortement avec le taux d'occupation (Strachan et Jefferies, 1996). Cela s'explique par un nombre plus faible de loutres marquant moins leur territoire du fait d'une compétition pour l'accès aux ressources moins importante. Le risque de faux négatifs (test négatif à tort : l'espèce est pensée absente alors qu'elle est présente) est donc plus important dans ces secteurs particuliers que dans des zones avec une densité de loutres plus élevée.

Dans ce contexte, l'objectif de cette étude est d'évaluer l'efficacité du protocole standard de détection de la Loutre sur le territoire français en fonction de son statut de présence afin de le faire évoluer si nécessaire. Il s'agit donc d'une réflexion post-application d'une méthode utilisée, et parfois adaptée par les structures qui l'utilisent, dont le but principal est d'évaluer des répartitions géographiques à différentes échelles et situations biologiques à partir d'une unité géographique de référence : la maille de 100 km<sup>2</sup>. La Loutre occupant bientôt les 2/3 de la métropole, l'évaluation de son aire de répartition requiert un grand nombre d'observateurs. Le réseau de suivi de la Loutre est alors assimilable à un réseau de sciences participatives dans lequel on retrouve des salariés d'organismes d'État ou d'associations et des bénévoles civils. Il s'agit donc de personnes de qualification variable qui s'investissent et qui doivent adhérer à, et appliquer, un protocole maximisant la probabilité de détection de l'espèce tout en minimisant l'investissement humain et matériel.

Pour mener à bien cette étude, dix structures partenaires du PNA ont accepté de fournir leurs historiques de détection de l'espèce, pour évaluer l'efficacité du protocole via une analyse de taux de détection. L'hypothèse principale de cette étude (à vérifier) repose sur une probabilité de détection plus importante dans les zones de présence permanente que dans les zones en reconquête. Puis, une étude paramétrique du protocole, portant sur le nombre de points effectués ou le nombre de passages sur l'année, sera réalisée afin de dégager de potentielles pistes d'amélioration de ce protocole, notamment dans les zones que l'espèce recolonise.

## II. MATERIELS ET METHODES

### II.1. Présentation de la Loutre d'Europe

La Loutre d'Europe *Lutra lutra* (Linnaeus, 1758) est un mammifère de la famille des mustélidés et de la sous-famille des *Lutrinae* qui comprend 13 espèces à travers le monde. Elle mesure environ 1,25 m de long (80 cm sans la queue), pour un poids allant de 5 à 11 kg. Elle adopte un mode de vie semi-aquatique, solitaire et territorial. Son corps fuselé et ses pattes palmées la rendent bien adaptée aux milieux qu'elle fréquente (ruisseaux, fleuves, lacs ou marais) et son pelage très dense, 60 000 à 80 000 poils par cm<sup>2</sup> de peau, limite les pertes de chaleur (ce qui fût l'une des raisons de la chasse intensive qu'a subie cette espèce). Le mâle polygyne et la femelle polyandre ne se retrouvent que pour l'accouplement qui peut avoir lieu à n'importe quelle saison. Après une gestation de 60 à 62 jours, la femelle élèvera ensuite seule 1 à 3 loutrons. L'animal marque les endroits d'intérêt au sein de son territoire, 10 à 40 km d'équivalent linéaire de berges, de dépôts d'urine et d'épreintes. Ceux des mâles englobent parfois les territoires de 2, voire 3 femelles. Le phénomène de marquage varie selon divers facteurs : la saison, l'attractivité du site (proies, gîtes potentiels), ainsi que la densité locale de loutres.

La Loutre est un carnivore opportuniste essentiellement piscivore. Son régime alimentaire est principalement composé de poissons, auxquels peuvent s'ajouter des écrevisses, batraciens, oiseaux ou petits mammifères. Les épreintes de la Loutre sont donc particulièrement identifiables avec leur odeur et leur composition.

Une loutre dans la nature a une espérance de vie moyenne de 5 ans, mais sa longévité peut atteindre 15 ans, avec un record en captivité de 17 ans (Kuhn et Jacques, 2011).

### II.2. Différents statuts de présence de la Loutre

Il est difficile de trouver dans la bibliographie sur la Loutre une définition de ce qu'on pourrait catégoriser comme une zone de présence permanente et ce qui constituerait une zone en cours de

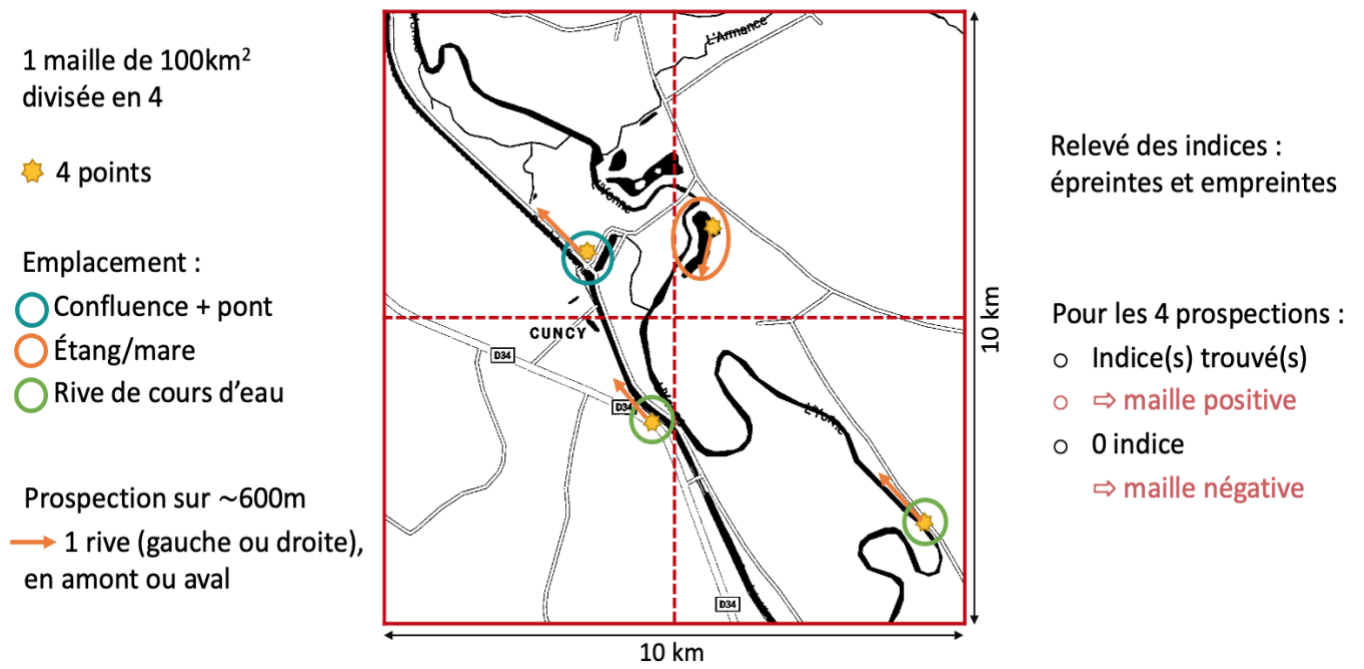


Figure 2 : Représentation du protocole standard

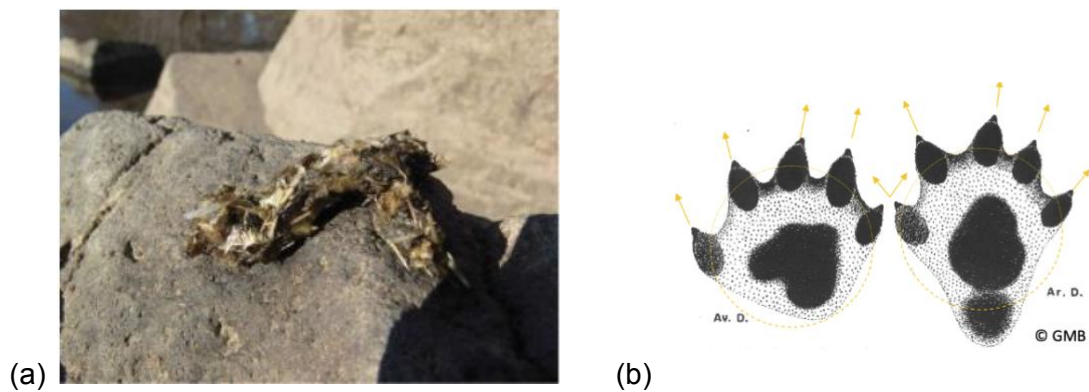


Figure 3 : Illustration d'une épreinte sur un rocher (a) et des empreintes patte avant droite et patte arrière droite d'une loutre (b)

recolonisation. Cependant, certaines structures ont essayé de statuer sur la présence de la Loutre selon les résultats de leurs prospections.

Par exemple, la SHNA considère que l'on se trouve en zone de présence permanente si une maille de 100 km<sup>2</sup> est positive pendant 2 années sur un pas de temps de 5 ans. Si une seule année est positive, il s'agirait d'une maille en recolonisation et si aucun indice n'a été trouvé, la Loutre est considérée comme absente de la maille.

Le GMB définit trois statuts de présence à l'échelle du bassin versant : la présence permanente, la présence localisée et la présence sporadique (Simonnet et Grémillet, 2015). Une population sédentaire sur la majorité du bassin versant correspond à une présence permanente. Il y aura alors des indices de présence réguliers dans l'espace et le temps sur l'ensemble du bassin. Lorsque les indices de présence sont trouvés régulièrement sur seulement un ou plusieurs sous-secteurs du bassin, la présence est localisée. Les individus sont alors présents sur une petite partie du bassin ou installés de façon temporaire. Enfin, la présence sporadique correspond à des individus seulement de passage et laissant des indices isolés dans l'espace et le temps. Dans le cas du GMB, les zones de recolonisation sont associées aux présences localisées ou sporadiques.

Dans l'analyse qui suit, les statuts de présence de la Loutre sur les mailles de ces deux structures seront fixés selon leur définition propre. Pour les autres structures, le statut repose sur les dires des experts locaux et sera repris par la suite tel quel.

### II.3. Protocole standard détaillé (Kuhn *et al.*, 2019)

La méthode standard du PNA est basée sur celle de l'Otter Specialist Group de l'UICN (Reuther *et al.*, 2000). Un maillage géolocalisé, fixe et standard de 10x10 km<sup>2</sup> en Lambert 93 (Système Lambertien de projection cartographique spécifique à la France) est appliqué sur le territoire à prospector. Au sein de chaque maille, 4 points sont placés de façon homogène sur des sites de marquage préférentiels de la Loutre (ponts, confluence), sur des cours d'eau ou en bordure d'étangs, lacs ou mares (figure 2).

Lors d'une prospection, 600 m de rive sont parcourus à partir du point, en amont ou en aval et sur une seule rive. Le choix de ces 600 m se base sur des tests de suivi de la Loutre en Angleterre (Jefferies, 1980). Cette étude a conclu que 600 à 1000 m peuvent être parcourus avant de trouver un indice sur les rivières connues pour être occupées à faible densité. Face à la difficulté de parcourir 1000 m tous les 5 km sur tout le pays, ces auteurs ont gardé 600 m en compromis.

Le prospecteur recherche des indices de présence comme des empreintes ou des épreintes (figure 3). La prospection de la maille peut prendre fin dès que le premier indice de présence est découvert et la maille est considérée comme positive. Les points restants ne seront alors pas

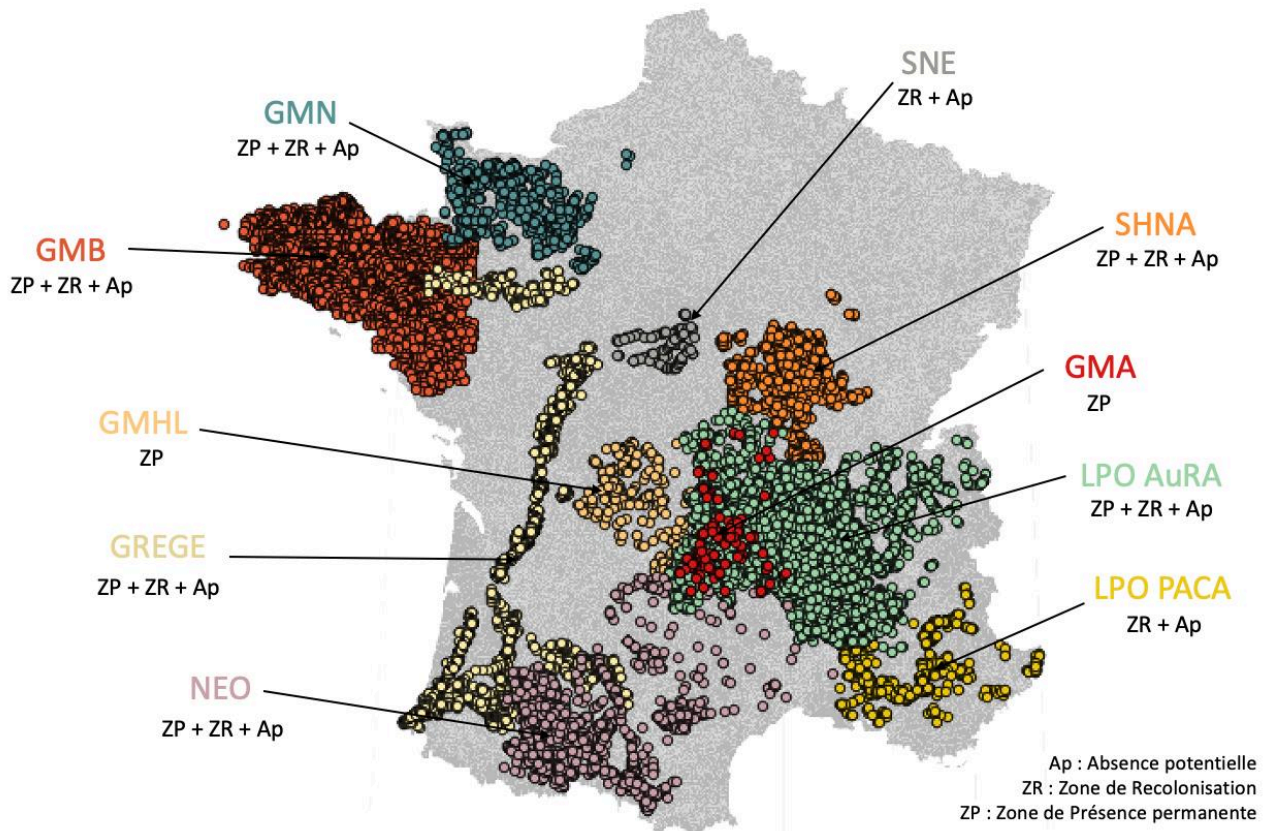


Figure 4 : Carte de France avec mise en évidence des données récoltées par chacune des structures partenaires et statuts de présence de la Loutre associés

nécessairement prospectés. Dans le cas où aucun indice n'a été trouvé après les prospections des quatre points, la maille est notée comme négative.

Une maille est suivie de façon préférentielle hors période estivale en raison d'une saisonnalité de marquage de la Loutre et de la densification de la végétation pouvant gêner les prospections. Elle n'aurait pas besoin d'être reinspectée la même année. En effet, selon Mason & MacDonald (1991), ces réplicats temporels n'augmenteraient que très faiblement les chances de détection.

En tenant compte des ressources financières et humaines nécessaires pour effectuer ces suivis, il est conseillé de ne prospecter les mailles que tous les 4 ans. Cependant, la liberté est laissée à l'observateur d'entreprendre des efforts supplémentaires pour obtenir plus d'informations (continuer les prospections même après avoir trouvé le premier indice) ou pour suivre plus finement la recolonisation (fréquence de suivi plus élevée).

#### II.4. Structures participant à l'étude et protocoles associés

Afin de mener cette étude, plusieurs structures ont accepté de nous transmettre leurs données : le GMA en Auvergne, le GMB en Bretagne, le GMHL dans le Limousin, le GMN en Normandie, le GREGE sur la partie ouest, NEO en Occitanie, la SHNA en Bourgogne, la LPO PACA en Provence-Alpes-Côte d'Azur, la LPO AuRA en Auvergne-Rhône-Alpes et SNE en Sologne (région Centre-Val de Loire). La [figure 4](#) présente la répartition des données collectées en fonction de la structure les ayant fournies, ainsi que les statuts de la Loutre associés à chaque région.

Le bilan réalisé à l'issue de la réception des données a montré que les structures participant en France au suivi de la Loutre ont souvent modifié le protocole standard ou utilisé une méthode différente. Le [tableau 1](#) recense les paramètres des prospections effectuées par les structures participantes.

Par exemple, la SHNA et la LPO PACA peuvent augmenter leur pression de prospection au sein d'une maille (6 à 7 points au lieu de 4) car la Loutre est principalement en phase de reconquête dans ces régions, et donc difficile à mettre en évidence. D'autres structures, comme le GMN ou le GREGE, préfèrent exercer leur suivi à l'échelle du bassin versant pour être plus en adéquation avec la réalité biologique de cette espèce au territoire plutôt linéaire. De fait, comme pour tout mammifère semi-aquatique, le calcul d'une aire de répartition sur la base d'un maillage est plutôt inadéquat (même si l'espèce peut utiliser des plans d'eau). Il serait donc plus juste au plan biologique de mesurer le linéaire du cours d'eau fréquenté. Toutefois, l'utilisation du maillage est le paramètre requis pour les évaluations selon la méthodologie Directive Habitats et Liste rouge UICN.



*Tableau 1 : Tableau récapitulatif des diverses méthodes utilisées par les structures participant à l'étude*

	GMA	GMB	GMHL	GMN	GREGE
Echelle du suivi	ZNIEFF	Maille ou bassin versant	Maille	Bassin versant	Divers : ouvrage, bassin versant...
Linéaire prospecté	Variable	600 m	600 m	Plusieurs centaines de mètres	De 50 à plus de 600 m
Nombre de répliquats spatiaux	Maximum de points répartis dans la zone	1 à 4 points *, voir plus quand échelle du bassin versant	1 à 4 points *	Maximum de points différents sur un grand linéaire	Variable
Répliquats temporels sur une année		Possible **		Possible **	Selon l'étude
Données opportunistes supplémentaires	Oui			Oui	

	LPO AuRA	LPO PACA	NEO	SHNA	SNE
Echelle du suivi	Bassin versant	Maille	Ouvrage (pont)	Maille	Bassin versant
Linéaire prospecté	300 m en amont et 300 m en aval sur 1 à 2 rives	600 m	Proximité immédiate d'un ouvrage (pont)	600 m	300 m en amont et 300 m en aval sur 1 à 2 rives
Nombre de répliquats spatiaux	Variable	1 à 4 (voir 6) points *	Variable	4 points + 1 à 3 si les 4 premiers sont négatifs	Variable
Répliquats temporels sur une année	2 passages / an	Possible **	Possible **		Possible **
Données opportunistes supplémentaires	Oui	Oui	Oui		

\* : possibilité d'avoir 1 seul point prospecté dans une maille si celui-ci est positif

\*\* : repasse possible hors protocole de la structure

## II.5. Traitement des données

### II.5.a. Méthode de tri des données

Au total, les structures ont fourni un ensemble de **30682** données brutes hétéroclites qu'il a fallu homogénéiser. Ces dernières comprenaient des données protocolées (protocole standard ou spécifique à la région) et des données opportunistes (loutre écrasée au bord d'une route par exemple) ne pouvant pas servir notre étude. Un premier tri a donc permis de garder les données protocolées.

Certaines bases de données étaient construites avec des entrées indice-spécifique (une entrée par indice trouvé, plusieurs indices pouvant être trouvés au même point). Dans ce cas, elles ont été transformées afin d'avoir une donnée par point prospecté avec un résultat : positif (noté 1) ou négatif (noté 0). Pour l'étude du protocole standard, il a fallu conserver un maximum de 4 points par maille avec un passage sur l'année. Selon les études paramétriques, le processus de tri des données a varié.

Le tableur ainsi obtenu présentait pour chaque point : l'année de passage, le résultat de la prospection, la structure, le nom de la maille et le statut. Cette organisation n'étant pas compatible avec le format requis pour l'utilisation du logiciel Presence, chaque tableau a été reformaté grâce à un script Python, permettant de regrouper les prospections à l'échelle de la maille ([Annexe A](#)). Enfin, pour certaines études, il était nécessaire d'avoir une ligne de tableau par maille et par année, à laquelle des covariables pouvaient être ajoutées ([Annexe B](#)). Pour éviter d'avoir plusieurs lignes portant le même identifiant, les noms de mailles en doublons ont été modifiés.

### II.5.b. Utilisation du logiciel Presence

Le logiciel Presence (version : 2.13.11) permet d'analyser des historiques de détection en estimant des taux d'occupation, de détection, d'extinction ou de recolonisation. Pour cette étude, ce sont les probabilités de détections estimées qui nous intéressent pour évaluer l'efficacité des protocoles.

Plusieurs modèles d'analyse sont proposés par le logiciel et il est possible d'en personnaliser en ajoutant des covariables. L'étude peut être menée en « single season » s'il n'y a eu qu'une session de prospection du site (avec un minimum recommandé de 3 passages sur un pas de temps assez court pour respecter le principe de site clos : le statut d'occupation d'un site ne change pas entre deux passages) ou en « multiple season » quand plusieurs sessions de suivi ont eu lieu sur un même site.

Pour notre étude, un site correspond à une maille et les résultats de points prospectés à une même date dans cette maille seront considérés comme plusieurs passages indépendants lors d'une même session. Cette technique a été testée dans le cadre d'une thèse sur le Desman des Pyrénées (*Galemys pyrenaicus*) qui a montré que des répliquats spatiaux peuvent être des substituts des répliquats

temporels (Charbonnel *et al.*, 2014). Deux covariables permettant de personnaliser le modèle seront utilisées : le statut de la Loutre ou l'ancienneté de présence de l'espèce.

Le logiciel se base sur un modèle de régression logistique combinant une ou plusieurs variables répondant à une réponse binaire. En effet, les historiques de détections sont assimilables à une loi binomiale composée d'une suite d'épreuves résultant en succès ou en échecs. Presence calcule deux fonctions logit : l'une caractérisant le taux d'occupation ( $\theta$ ) et l'autre la probabilité de détection ( $p$ ).

La fonction logit s'exprime sous la forme :

$$\text{logit}(p) = \ln\left(\frac{p}{1-p}\right) = b_1 + \sum_{i=2}^n b_i \cdot X_i$$

où  $b_1$  est une constante et le second terme est une combinaison linéaire des covariables  $X$ .

L'estimation des coefficients de la fonction est associée à une erreur standard, ce qui permet d'introduire la notion d'intervalles de confiance (IC) à 95% dans les résultats obtenus.

Le logiciel associe aussi à chaque modèle la valeur du Critère d'Information d'Akaike (AIC), qui évalue la qualité d'un modèle statistique en estimant la vraisemblance du modèle. Le modèle retenu est celui qui présente l'AIC le plus faible, souvent associé à un nombre plus faible de covariables. En général, on considère qu'une différence d'AIC de 2 n'est pas significative (Gourmand, 2013).

## II.6. Analyses effectuées

### II.6.a. Analyse n°1 : Efficacité du protocole standard : échelles nationale et régionale

La première analyse consiste en l'évaluation des résultats obtenus avec le protocole standard. On cherche alors à répondre à la question : quel est le taux de détection de la Loutre en zone de présence permanente ou en zone de colonisation, à l'échelle nationale ou régionale. Pour cette étude, les données protocolées ont été conservées, ainsi que celles provenant d'un protocole adapté mais qu'il a été possible de conformer à la méthode standard.

Les structures concernées sont les suivantes : le GMB, le GMHL, le GMN, le GREGE, la SHNA, la LPO PACA, la LPO AuRA et SNE. Les données du GMA et de NEO ne sont pas utilisées car elles ne reposent pas sur un protocole assimilable au standard. La covariable « STATUT » est ajoutée à cette analyse afin de mettre en évidence une potentielle différence entre les zones en cours de recolonisation et celles en présence permanente. Le statut « absence potentielle » n'est pas conservé.

La première analyse est effectuée à l'échelle nationale pour obtenir des probabilités de détection globale toutes régions confondues. Cependant, les populations de loutres sont très disparates en fonction des régions, de la nature et topographie des cours d'eau et donc des facilités de prospection.

La seconde analyse a pour objectif d'obtenir les probabilités de détection pour les deux statuts et pour chaque structure, afin d'avoir des données à l'échelle régionale et mesurer ainsi les variations géographiques des taux de détection.

Pour l'analyse à l'échelle nationale, quatre jeux de données sont testés :

- Le premier comprend le maximum de mailles possible (qu'elles aient été prospectées une ou plusieurs années).
- Pour le deuxième, une sélection aléatoire d'une année représentative par maille a été effectuée afin d'éviter que certaines mailles ne soient utilisées plusieurs fois.
- Dans le troisième jeu, seules les mailles prospectées sur 3 ou 4 points ont été conservées afin de limiter le nombre de données manquantes.
- Enfin, le quatrième jeu reprend le précédent avec une seule année par maille.

Quant aux analyses par région, le maximum de mailles a été conservé pour obtenir les résultats les plus fiables possibles. Un total de 1983 mailles (768 mailles initiales prospectées une ou plusieurs fois), pour 5011 prospections effectuées, est analysé. On trouve en [Annexe C](#) le détail pour chaque étude du nombre de mailles et de points prospectés utilisés.

#### II.6.b. Analyse n°2 : Mailles positives et nombre de points prospectés

Le but de cette analyse empirique est d'évaluer la relation entre le nombre de points prospectés au sein d'une maille et le pourcentage de mailles positives associé. On cherche à répondre à la question : combien de points faut-il prospecter au sein d'une même maille pour pouvoir statuer sur la présence de la Loutre dans cette maille.

Les données conservées sont celles des structures utilisant le protocole standard ou un protocole assimilé (les mêmes que pour l'analyse n°1). Toutes les mailles sont utilisées, y compris celles en absence potentielle de loutre ([Annexe D](#)). Le nombre de points pris en compte n'a pas été limité à 4 mais à 7 puisque, comme démontré par la SHNA, il s'agit du maximum de prospections réalisable sur une journée par deux personnes (Lerat *et al.*, 2013). Cette étude permettra donc d'évaluer si l'ajout effectué par la SHNA de 1 à 3 points par maille, lorsque les 4 premiers sont négatifs, est pertinent.

Des tests du chi<sup>2</sup> d'homogénéité (structures avec plus de 200 mailles) ou des tests exacts de Fisher (structures avec moins de 200 mailles) sont effectués pour comparer les proportions obtenues deux à deux. Pour cela, le logiciel R Studio (version 1.2.5033) est utilisé avec un seuil de significativité fixé à 5%. Si les p-valeurs obtenues sont inférieures à 0,05, alors les deux proportions sont différentes statistiquement avec un risque d'erreur de 5% ([Annexe E](#)).

Comme l'ordre dans lequel les prospections ont été effectuées est inconnu, les résultats des n points prospectés dans une maille ont majoritairement été organisés de façon aléatoire.

#### II.6.c. Analyse n°3 : Réplicats temporels et saisonnalité

Le protocole standard recommande d'effectuer une session de prospection entre les mois d'octobre et d'avril. La période estivale de mai à fin septembre constituerait donc une période moins propice à la découverte d'indices.

Cette étude vise donc à vérifier s'il existe réellement une période plus propice (automne-hiver) qu'une autre (printemps-été) à la découverte d'indices de loutres et si la saison automnale (ici d'octobre à décembre) est équivalente à la saison hivernale (de janvier à avril). De plus, les résultats de deux sessions de prospections dans l'année seront analysés afin d'évaluer s'il y a un intérêt à repasser au cours de l'année sur une maille. On cherche ainsi à répondre à deux questions : quelle est la meilleure saison pour effectuer les prospections et faut-il mieux répéter les prospections dans la même année ou est-il préférable de ne faire qu'un seul passage par an mais plusieurs années de suite<sup>3</sup>.

Les données de prospections de la LPO AuRA ont été envisagées pour mener cette analyse puisque le protocole de cette structure comporte 2 passages dans l'année. Cependant, moins de 20 mailles étaient utilisables pour ces analyses avec 95% de prospections négatives. Afin d'avoir un jeu de données plus conséquent, cette étude a été faite à partir des données du GMB. Pour simuler les résultats du protocole standard, 4 points maximum sont conservés par maille. Ainsi, 131 mailles ont été prospectées à la fois sur la saison supposée moins propice (317 points prospectés) et sur la saison supposée propice (343 points prospectés). Pour l'étude visant à comparer la saison hivernale et la saison automnale, 99 mailles sont conservées avec respectivement 271 et 282 prospections.

Comme lors de l'étude n°1, la covariable statut est ajoutée afin de différencier les taux de détection obtenus en zone de recolonisation, de ceux en zone de présence permanente.

#### II.6.d. Analyse n°4 : Taux détection en fonction de l'ancienneté de présence

Cette analyse a pour but d'évaluer l'évolution de la probabilité de détection de la Loutre en fonction de son ancienneté de présence. On cherche ainsi à répondre à la question : l'accumulation des marquages au cours du temps permet-elle une détection plus fiable et à partir de combien d'années ce taux de détection se stabilise-t-il ?

---

<sup>3</sup> Il est souvent plus facile pour un bénévole de planifier un passage par an sur 2-3 ans plutôt que de se rendre disponible plusieurs fois de suite dans la même saison la même année

Seules les données du GMB permettent de faire cette analyse car leur base de données contient un historique de statut de présence par bassin versant prospecté et les premières données remontent à 1987 (ancienneté de présence maximale 34 ans). Cette covariable a été ajoutée au modèle d'analyse. Pour cette étude, 4 points par maille avec un passage dans l'année ont été conservés, tous statuts confondus. Seules les mailles avec un historique de présence ou celles présentant des indices de loutre pour la première fois ont été gardées, correspondant à 1193 mailles et 3135 points prospectés.

#### II.6.e. Analyse n°5 : Protocole pour un suivi d'occupation

A partir des probabilités de détection obtenues lors de l'analyse n°1, il est possible d'estimer, pour un effort de prospection donné, le pourcentage de chance de détecter la Loutre au sein d'une maille. En effet, le logiciel Presence évalue les probabilités de détection en fonction d'historiques de détection en considérant que les prospections effectuées sont indépendantes.

Cela est donc assimilable à une loi binomiale de paramètres  $n$  et  $p$  avec  $n$  le nombre de prospections indépendantes effectuées et  $p$  la probabilité de détection de la Loutre. Le pourcentage de chance de détecter la Loutre correspond au fait d'avoir, pour au moins une des  $n$  prospections, détecté l'espèce. Cela revient donc à retrancher à 1 la probabilité d'avoir les  $n$  prospections négatives. La formule est la suivante :

$$\% \text{ chance de détecter la loutre} = 1 - (1 - p)^n$$

Le nombre  $n$  obtenu pour un pourcentage donné (classiquement 95%) indique le nombre de prospections indépendantes de la maille à effectuer sur un court espace de temps (pour respecter l'hypothèse des populations closes) et non le nombre de points à faire dans cette maille. Ces résultats permettront, entre autres, d'avoir des pistes pour réaliser des suivis, non pas d'aire de répartition, mais d'occupation qui nécessite des prospections indépendantes de l'unité d'échantillonnage.

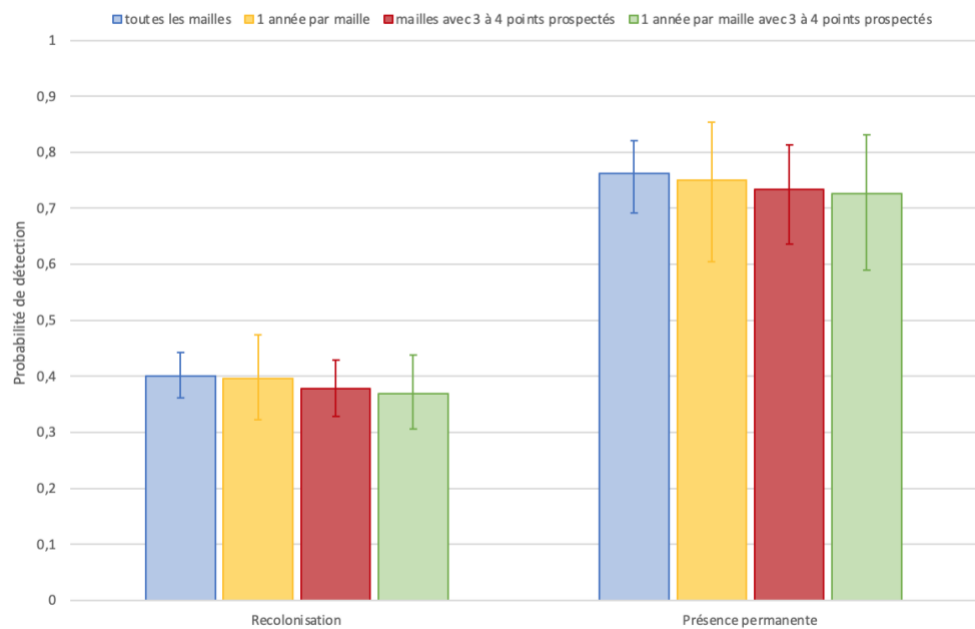
Les calculs sont réalisés pour chaque structure à partir des probabilités de détection obtenues, par statut, lors de l'étude n°1.

### III. RÉSULTATS

#### III.1. Analyse n°1 : Efficacité du protocole standard : échelles nationale et régionale

##### III.1.a. Efficacité du protocole à l'échelle nationale

Quatre jeux de données ont été testés pour l'estimation des probabilités de détection obtenues à l'échelle nationale. Les résultats sont présentés [figure 5](#). On observe des résultats semblables entre ces quatre analyses, que ce soit en zone de présence permanente ou en zone de recolonisation. Le fait



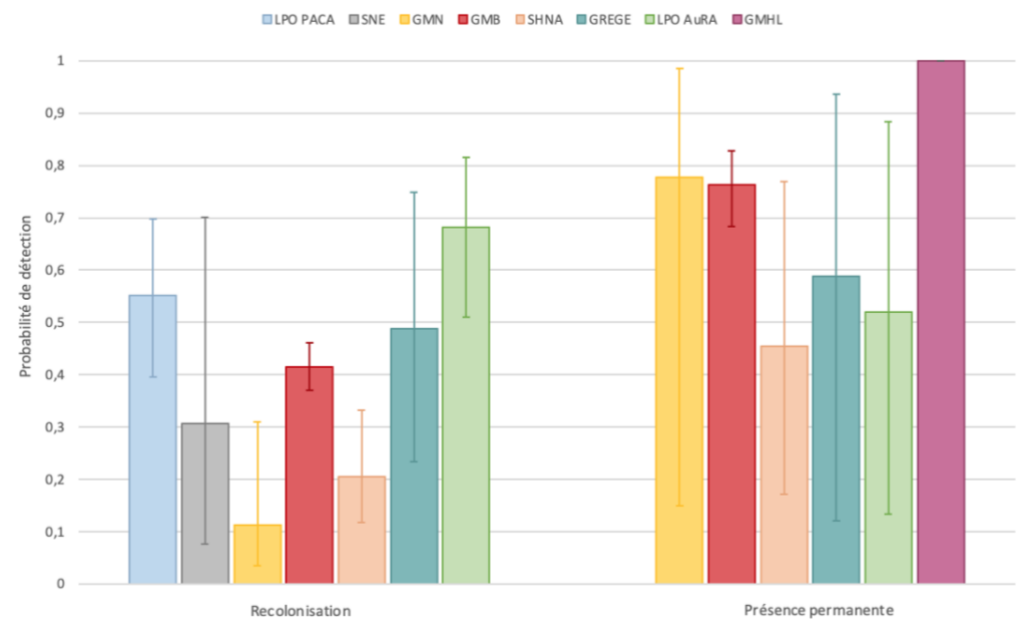
$$\text{logit}(p) = (-0,40 \pm 1,96*0,09) + (1,57 \pm 1,96*0,10) * \text{Statut}$$

$$\text{logit}(p) = (-0,42 \pm 1,96*0,16) + (1,52 \pm 1,96*0,18) * \text{Statut}$$

$$\text{logit}(p) = (-0,50 \pm 1,96*0,11) + (1,51 \pm 1,96*0,12) * \text{Statut}$$

$$\text{logit}(p) = (-0,53 \pm 1,96*0,15) + (1,51 \pm 1,96*0,17) * \text{Statut}$$

*Figure 5 : Probabilité de détection de la Loutre en fonction de son statut de présence. Les intervalles de confiance à 95% ont été calculés à partir des formules  $\text{logit}(p)$ . La covariable « statut » prend la valeur 0 pour les zones en recolonisation ou la valeur 1 pour les zones en présence permanente.*



$$\text{logit}(p) = (-0,34 \pm 1,96*0,10) + (1,51 \pm 1,96*0,11) * \text{Statut}$$

$$\text{logit}(p) = (-2,07 \pm 1,96*0,64) + (3,31 \pm 1,96*0,88) * \text{Statut}$$

$$\text{logit}(p) = (-0,05 \pm 1,96*0,58) + (0,40 \pm 1,96*0,61) * \text{Statut}$$

$$\text{logit}(p) = (-1,36 \pm 1,96*0,34) + (1,17 \pm 1,96*0,376) * \text{Statut}$$

$$\text{logit}(p) = (0,76 \pm 1,96*0,37) + (-0,69 \pm 1,96*0,63) * \text{Statut}$$

$$\text{logit}(p) = (-0,82 \pm 1,96*0,85)$$

$$\text{logit}(p) = (0,21 \pm 1,96*0,32)$$

$$\text{logit}(p) = (130,99 \pm 1,96*10)$$

*Figure 6 : Probabilité de détection de la Loutre par région en fonction de son statut de présence. Les intervalles de confiance à 95% ont été calculés à partir des formules  $\text{logit}(p)$ . La covariable « statut » prend la valeur 0 pour les zones en recolonisation ou la valeur 1 pour les zones en présence permanente.*

de prospecter plusieurs années de suite, en faisant un ou plusieurs points, n'induirait donc pas une meilleure détection, toutes régions confondues.

La sélection du jeu de données aboutissant au résultat le plus fiable est faite en exploitant les erreurs standard obtenues. C'est avec le maximum de données possibles (jeu « toutes les mailles ») que les erreurs standards sont les plus faibles. Par conséquent, les résultats conservés et les analyses suivantes ont été effectuées à partir des jeux de données comprenant le maximum de mailles possible.

La probabilité de détection est relativement faible en zone de recolonisation avec une valeur de 0,40 (IC : 0,36 à 0,44). Elle est plus forte en zone de présence permanente puisqu'elle atteint 0,76 (IC : 0,69 à 0,82), ce qui confirme notre hypothèse de départ.

### III.1.a. Efficacité du protocole à l'échelle régionale

Afin de voir si les probabilités de détection obtenues varient en fonction de la région et donc de la densité locale de loutres, une analyse par structure a été réalisée (figure 6), et ce en conservant le maximum de mailles protocolées. On observe à nouveau un taux de détection globalement plus élevé en zone de présence permanente qu'en zone de reconquête.

Trois structures n'ont pas de point de comparaison : le GMHL qui se trouve exclusivement en région de présence bien établie et qui atteint la probabilité de détection maximale de 1, et la LPO PACA et SNE, situées au sein de régions nouvellement peuplées. La probabilité de détection est de 0,55 (IC : 0,40 à 0,70) pour la LPO PACA et atteint 0,31 pour SNE avec cependant un intervalle de confiance très large, compris entre 0,08 et 0,70. Le taux de détection obtenu en Sologne est donc très incertain, ce qui peut s'expliquer par le faible nombre de données d'entrées (n=27 mailles).

Concernant les quatre régions présentant les deux statuts nous intéressant et montrant une augmentation de la probabilité de détection lorsque la présence est permanente :

- Les résultats pour le GMB sont équivalents à ceux obtenus à l'échelle nationale avec une probabilité de détection de 0,42 en zone de recolonisation (IC : 0,37 à 0,46) et de 0,76 (IC : 0,68 à 0,83) en zone de présence permanente.
- Le GMN présente une probabilité de 0,11 (IC : 0,03 à 0,31) en zone de recolonisation et une valeur de 0,78 en présence permanente, associée à un intervalle de confiance important allant de 0,15 à 0,99. Cette valeur, peu exploitable, est vraisemblablement due à un nombre de données faible de 19 mailles en présence permanente.
- Les données de la SHNA sont associées en fronts de recolonisation à une probabilité de détection de 0,21 (IC : 0,12 à 0,33) et, en présence permanente, la probabilité augmente à 0,45 (IC : 0,17 à 0,77).



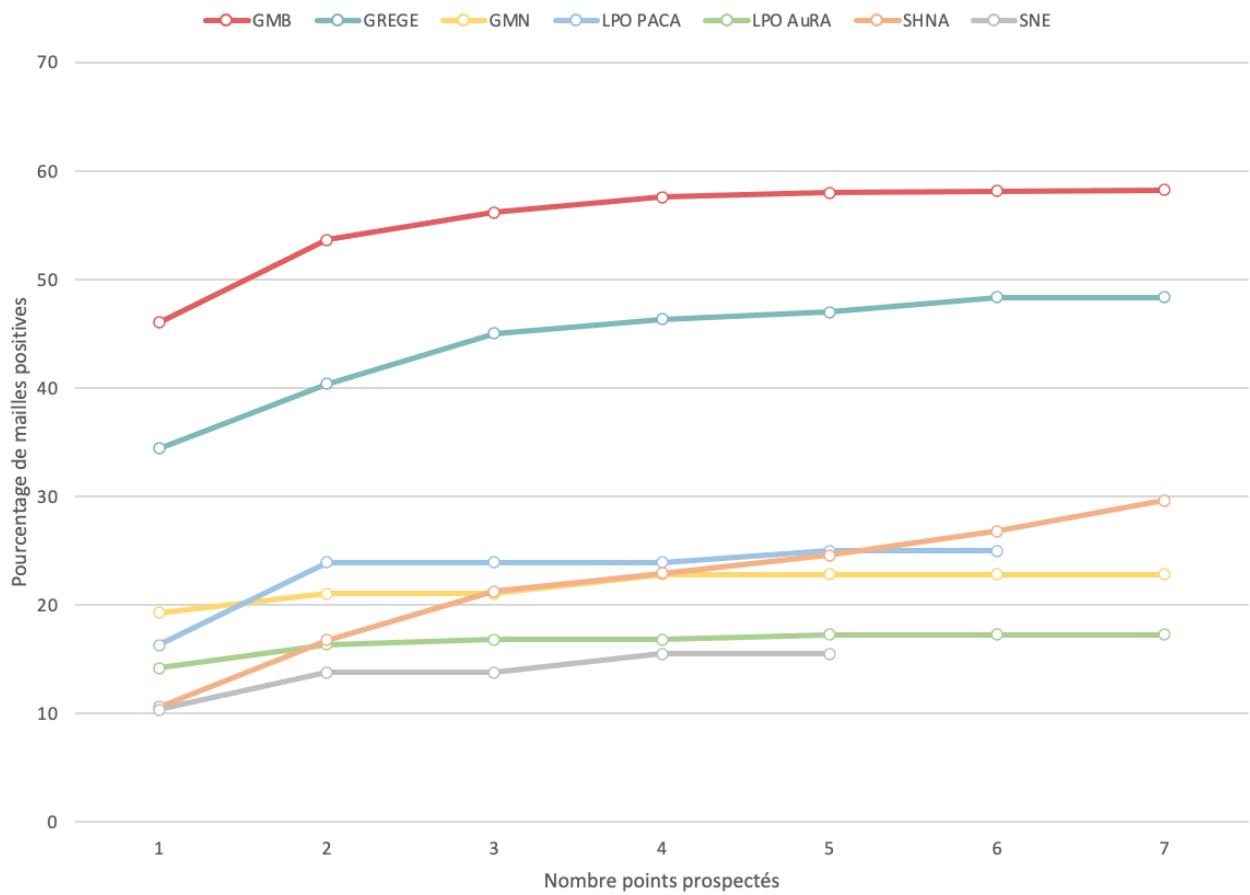


Figure 7 : Apport du nombre de points prospectés sur les pourcentages de mailles positives.

- Le GREGE atteint une probabilité de détecter la Loutre en recolonisation de 0,49 (IC : 0,2 à 0,75) et une probabilité de 0,59 (IC : 0,12 à 0,94) en présence permanente. Pour cette structure, l'influence de la covariable « statut » n'est pas significative car la valeur du coefficient associé se situe entre -0,79 et 1,60 à un degré de confiance de 95%.

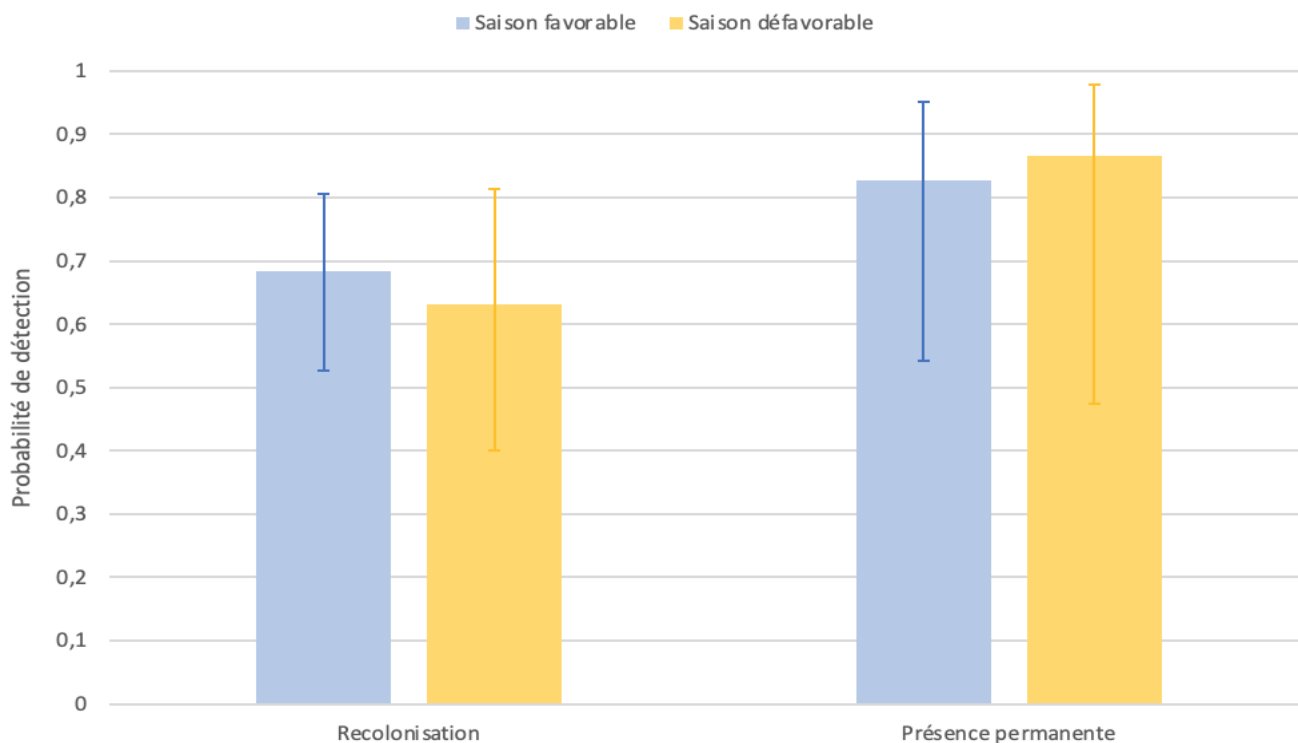
La LPO AuRA est la seule structure pour laquelle la probabilité de détection semble plus faible en zone de présence permanente, avec une probabilité de 0,52 (IC : 0,13 à 0,88), qu'en zone de recolonisation où  $p=0,68$  (IC : 0,51 à 0,82). Cependant, comme pour le GREGE, l'influence du statut n'est pas significative à 95% puisque la valeur du coefficient associé se situe entre -1,91 et 0,55. De plus, le pourcentage de mailles positives en zone de recolonisation (20%) est supérieur à celui en zone de présence permanente (16%), ce qui peut expliquer ce résultat.

Globalement, les résultats sont cohérents avec une amélioration de la détection en zone de présence permanente *versus* zone de recolonisation. Un effet région est observé potentiellement lié au paysage, à la topographie du cours d'eau ou à la densité de loutres. Le fait que le taux de détection soit égal à 1 en Limousin et voisin de 0,8 en Normandie et Bretagne (régions d'où la Loutre n'a jamais disparu) est positif : une fois l'espèce bien installée, elle est rapidement détectée à chaque fois.

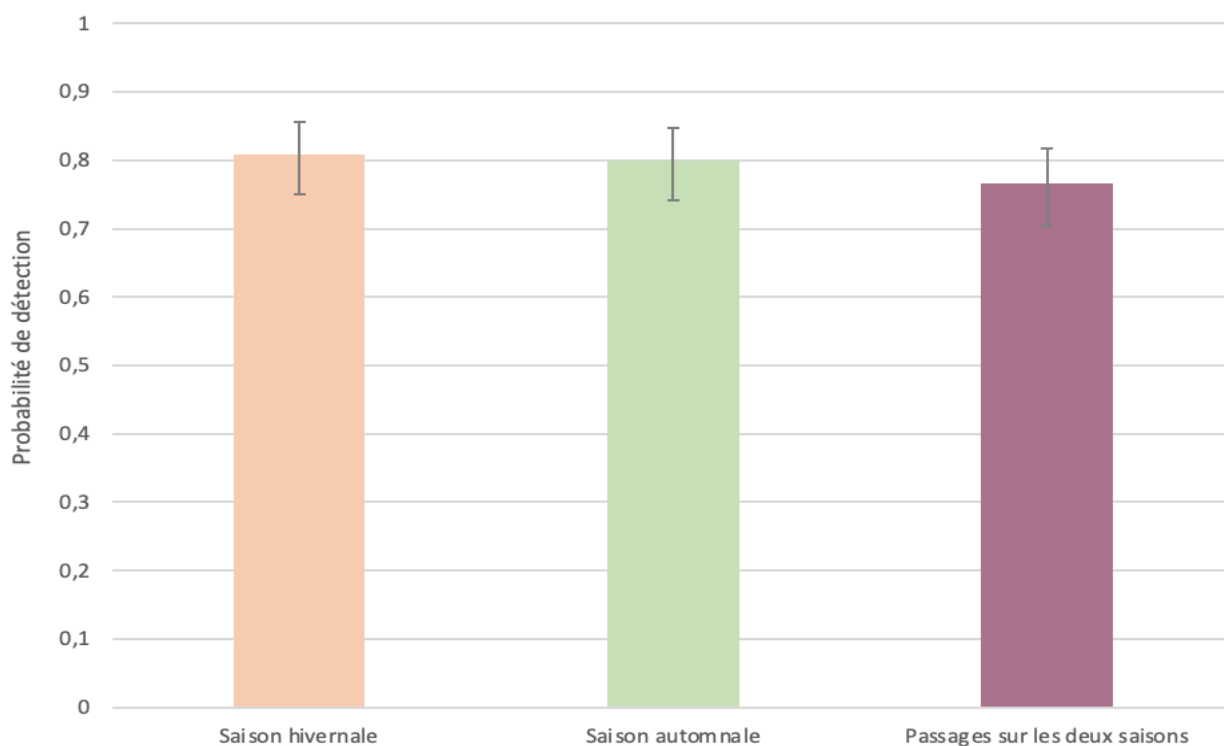
### III.2. Analyse n°2 : Mailles positives et nombre de points prospectés

Dans l'objectif d'évaluer l'apport de points de prospection supplémentaires sur le pourcentage de mailles positives, une analyse par structure a été effectuée (figure 7). Le GMB et le GREGE présentent des courbes similaires d'évolution du pourcentage de mailles positives en fonction du nombre de points prospectés par maille. Un plateau est atteint à 4 points autour respectivement de 58% et 48%. Notons que le passage de 1 à 4 points permet une augmentation significative du pourcentage de mailles positives de 11% à 12 % pour ces deux structures.

Pour les cinq autres structures se trouvant dans des régions où la Loutre est plutôt en voie de recolonisation, l'évolution du pourcentage de détection en fonction du nombre de points est faible. Les résultats de la SHNA se démarquent néanmoins car c'est la seule région pour laquelle un plateau n'est pas atteint avec un passage de 6 à 7 points permettant un gain de 2,8% de mailles positives. Concernant la LPO PACA, le deuxième point permet de faire augmenter le pourcentage de mailles positives de 7,6%. Puis, le rapport est constant avant une légère augmentation à 25% grâce à une maille devenue positive lors du cinquième point. Les trois structures restantes présentent un profil comparable : des pourcentages de mailles positives ne dépassant pas 25%, accompagnés d'une très faible évolution de ces pourcentages entre les points.



**Figure 8 : Probabilité de détection de la Loutre en fonction de son statut de présence et de la saison.** La saison favorable à la prospection de la Loutre est entre octobre et avril. La saison défavorable est de mai à septembre. Les intervalles de confiance à 95% ont été calculés à partir des formules  $\text{logit}(p)$ . La covariable « statut » prend la valeur 0 pour les zones en recolonisation ou la valeur 1 pour les zones en présence permanente.



**Figure 9 : Probabilité de détection de la Loutre en fonction de la période en saison favorable.** La saison automnale inclut ici octobre à décembre et la saison hivernale inclut janvier à avril. Les intervalles de confiance à 95% ont été calculés à partir des formules  $\text{logit}(p)$

### III.3. Analyse n°3 : Réplicats temporels et saisonnalité

#### III.3.a. Saisons favorable et défavorable

Les probabilités de détection obtenues, par statut, en saison favorable (octobre à avril) ou défavorable (mai à septembre) se trouvent en [figure 8](#). En zone de présence permanente, le taux de détection obtenu lors de prospections réalisées en saison favorable est de 0,83 (IC : 0,54 à 0,95) et de 0,87 (IC : 0,48 à 0,98) en saison estimée défavorable. Ces résultats sont équivalents de prime abord.

En recolonisation, la probabilité de détection obtenue avec ce jeu de données est élevée, que ce soit en saison dite favorable ( $p=0,68$  avec un intervalle de confiance de 0,53 à 0,81) ou en saison dite défavorable ( $p=0,63$  avec un intervalle de confiance de 0,40 à 0,81).

En considérant les intervalles de confiance à 95%, la probabilité de détection est toutefois plus précise pour la saison favorable.

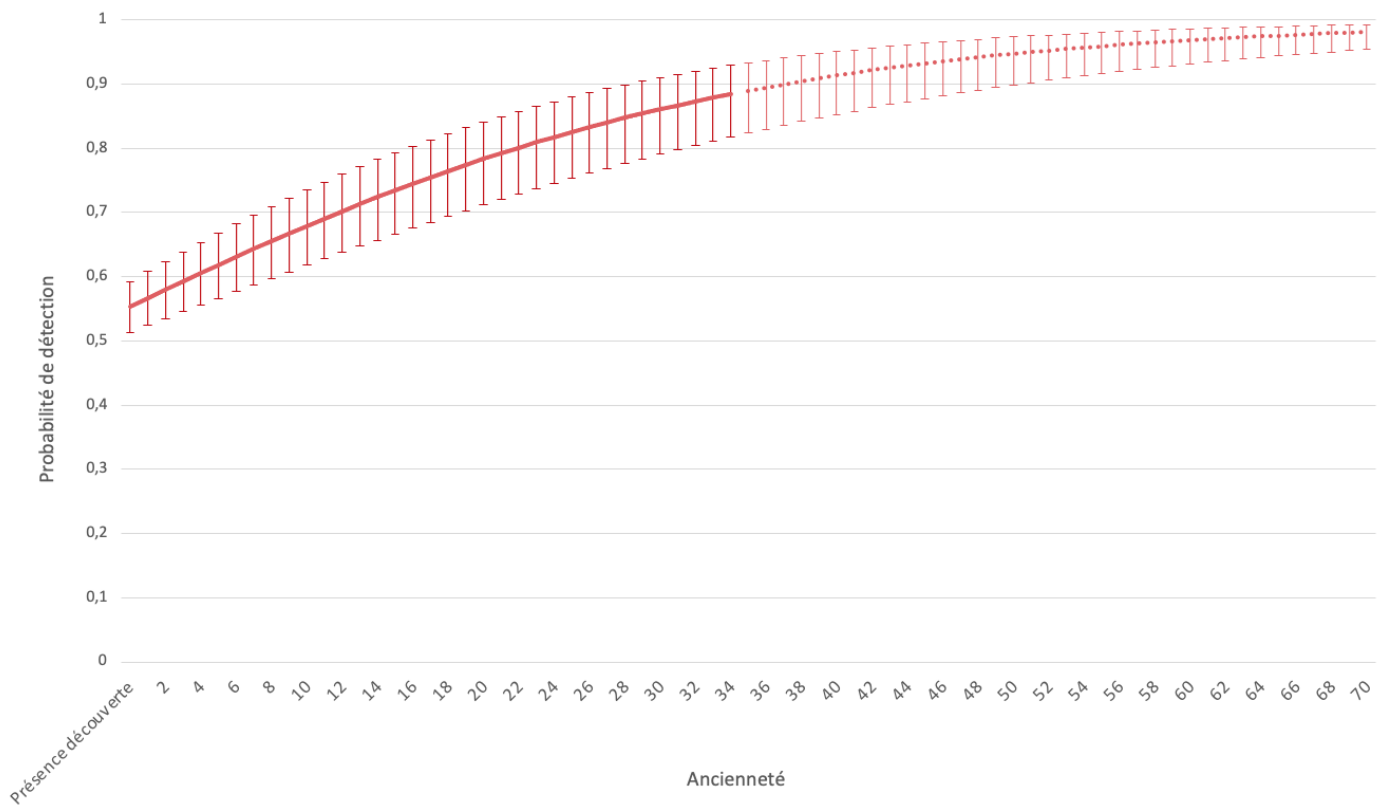
On remarque que les probabilités estimées ici sont plus importantes que celles obtenues lors de l'étude n°1 pour le GMB. Cependant, les intervalles de confiance se recoupent sauf dans le cas particulier de la recolonisation en période favorable. Ces écarts peuvent être expliqués par une statistique plus faible avec respectivement 131 et 1234 mailles utilisées.

Parmi les 131 mailles prospectées sur ces deux saisons, 118 se sont révélées positives. Seulement 15 mailles étaient négatives à l'issue de la saison favorable contre 28 à l'issue de la saison défavorable. Un passage complémentaire en saison défavorable a permis de mettre en évidence la présence de la loutre dans 2 des 15 mailles initialement négatives. A l'inverse, le passage supplémentaire en saison favorable a permis de trouver 15 mailles positives sur les 28 initialement négatives.

#### III.3.b. Saisons hivernale et automnale

Cette étude permet d'évaluer si, au sein de la saison favorable, il y a des différences entre un passage effectué à l'automne (octobre à décembre) ou en hiver (janvier à avril).

Le modèle d'analyse avec ajout de la covariable « statut » est moins bon que le modèle sans distinction entre zone de recolonisation et zone de présence permanente pour chaque jeu de données. En effet, les AIC obtenus sans la covariable sont soit inférieurs (313,5 contre 314,8 en saison automnale), soit supérieurs de moins de 2 points (299,4 contre 298,0 en saison hivernale). De plus, dans les deux cas, les erreurs standard associées aux coefficients estimés sont plus faibles sans la covariable. Les résultats de cette analyse sont présentés [figure 9](#).



$$\text{logit}(p) = (0,22 \pm 1,96*0,08) + (0,05 \pm 1,96*0,01) * \text{Ancienneté}$$

**Figure 10 : Evolution de la probabilité de détection de la Loutre en fonction de son ancienneté de présence.**  
 Les intervalles de confiance à 95% ont été calculés à partir de la formule  $\text{logit}(p)$  prenant en compte l'ancienneté en covariable. La courbe pointillée représente une projection après 34 ans d'ancienneté

Les probabilités de détection obtenues sur les deux périodes sont équivalentes : 0,81 (IC : 0,75 à 0,86) en saison hivernale et 0,80 (IC : 0,74 à 0,85) en saison automnale.

L'analyse de la combinaison des deux passages à différentes saisons a aussi été effectuée sans distinction de statut pour rester cohérent avec l'analyse par saison. La probabilité de détection obtenue est légèrement inférieure à celle obtenue sur une seule saison avec une probabilité de 0,77 et un intervalle de confiance variant de 0,71 à 0,82. Cette valeur un peu surprenante (on s'attendrait à l'inverse, davantage de prospections devant amener à un résultat équivalent ou supérieur) est vraisemblablement due à la taille de l'échantillon. Le jeu de données utilisé repose sur 99 mailles dont 93 se sont révélées positives à l'issue des deux sessions de prospection. Parmi ces 93 mailles positives, 81 l'étaient sur chaque saison, 6 mailles étaient positives seulement sur la saison hivernale et 6 autres mailles se sont révélées positives seulement en automne.

#### III.4. Analyse n°4 : Taux de détection en fonction de l'ancienneté de présence

Cette analyse, réalisée à partir des données du GMB, donne des informations sur l'évolution du taux de détection selon l'ancienneté de présence de la Loutre.

On observe sur le graphique [figure 10](#) que la probabilité de détecter une loutre, si elle est présente au sein d'une maille, augmente avec l'ancienneté de présence de l'animal. En effet, la probabilité de détection est de 0,55 (IC : 0,51 à 0,59) au départ et croît jusqu'à 0,88 (IC : 0,81 à 0,92) au bout de 34 ans, correspondant au maximum d'ancienneté relevé.

La courbe en pointillés représente l'extrapolation de la probabilité de détection obtenue au-delà des 34 années. Cette projection a été réalisée à l'aide de la même formule que celle utilisée pour les anciennetés inférieures au seuil de 34. La probabilité de détection croît alors plus faiblement avec le temps et s'approche de l'asymptote 1. Pour 70 ans d'ancienneté, le taux de détection est estimé à 0,98 (IC : 0,95 à 0,99). On aboutit au taux de détection calculé pour les données du GMHL, le Limousin étant la seule région de France d'où la Loutre n'a jamais disparu de toute la région (contrairement à la Normandie et à la Bretagne où la Loutre avait été éradiquée d'une partie de ces régions).

#### III.5. Analyse n°5 : Protocole pour un suivi d'occupation

L'estimation des probabilités de détection obtenues lors de l'étude n°1 permet d'évaluer le nombre de prospections indépendantes à réaliser afin de détecter l'animal avec un taux de réussite donné. Ce calcul repose sur une loi binomiale de paramètres  $n$  (nombre de prospections) et  $p$  (probabilité de détection). Les résultats obtenus par structure et par statut sont présentés [tableau 2](#).

*Tableau 2 : Tableau représentant le pourcentage de chance de détecter la Loutre en fonction du nombre de prospections indépendantes réalisées et du statut de la Loutre. Les statuts sont zones de recolonisation (ZR) ou zone de présence permanente (ZP). La surbrillance jaune met en valeur un taux de réussite  $\geq 95\%$ .*

		GMB		GMN		SHNA		SNE
		ZR	ZP	ZR	ZP	ZR	ZP	ZR
		proba = 0,41	proba = 0,76	proba = 0,11	proba = 0,78	proba = 0,20	proba = 0,45	proba = 0,31
Nombre de prospections indépendantes réalisées	1	0,415	0,763	0,113	0,777	0,205	0,454	0,306
	2	0,658	0,944	0,212	0,950	0,367	0,702	0,518
	3	0,800	0,987	0,301	0,989	0,497	0,837	0,666
	4	0,883	0,997	0,380	0,998	0,600	0,911	0,768
	5	0,932	0,999	0,449	0,999	0,682	0,952	0,839
	6	0,960	1,000	0,511	1,000	0,747	0,974	0,888
	9	0,992	1,000	0,658	1,000	0,873	0,996	0,963
	14	0,999	1,000	0,812	1,000	0,959	1,000	0,994
	26	1,000	1,000	0,955	1,000	0,997	1,000	1,000

		GREGE		LPO AuRA		LPO PACA	GMHL
		ZR	ZP	ZR	ZP	ZR	ZP
		proba = 0,49	proba = 0,59	proba = 0,68	proba = 0,52	proba = 0,55	proba = 1
Nombre de prospections indépendantes réalisées	1	0,488	0,588	0,682	0,520	0,552	1,000
	2	0,738	0,830	0,899	0,769	0,799	1,000
	3	0,866	0,930	0,968	0,889	0,910	1,000
	4	0,931	0,971	0,990	0,947	0,960	1,000
	5	0,965	0,988	0,997	0,974	0,982	1,000
	6	0,982	0,995	0,999	0,988	0,992	1,000

La surbrillance jaune permet de mettre en valeur le seuil de 95%, valeur classiquement utilisée car associée à un risque d'erreur de 5%.

En zone de présence bien établie de l'espèce, un maximum de 5 prospections indépendantes permet de détecter la Loutre à 95%. En effet, cette valeur est celle obtenue pour la SHNA et la LPO AuRA. Concernant les autres structures, ce seuil est atteint plus tôt avec 4 prospections pour le GREGE, puis 3 en Bretagne (GMB), 2 en Normandie (GMN) et 1 seule prospection pour le Limousin (GMHL) où la Loutre est détectée systématiquement.

En zone de recolonisation, les efforts de prospection à entreprendre sont plus importants sauf pour la LPO AuRA (3 contre 4 en présence permanente). Pour les autres régions, on obtient 4 prospections indépendantes en pour la LPO PACA, 5 pour le GREGE, 6 en Bretagne (GMB), 9 en Sologne (SNE), 14 en Bourgogne (SHNA) et 26 en Normandie (GMN).

## IV. CONCLUSION

### IV.1. Discussion

L'hypothèse principale de cette étude, selon laquelle la probabilité de détection avec le protocole standard est plus faible en zone de recolonisation qu'en zone de présence permanente, est confirmée. A l'échelle nationale, la probabilité de détection en zone de recolonisation est de 0,40 (IC : 0,36 à 0,44) et atteint 0,76 (IC : 0,69 à 0,82) en zone de présence permanente. Ce résultat était attendu puisque les loutres ont tendance à moins marquer dans les zones de reconquête, les indices de présence étant rares, localisés, et donc plus difficiles à repérer. Il confirme les données obtenues ailleurs (Pays de Galles, Autriche, Italie) et implique la nécessité de moduler l'effort d'échantillonnage en fonction du statut de présence de l'espèce dans la région considérée.

L'étude par région montre une tendance similaire. En revanche, pour certaines d'entre elles, les probabilités de détection estimées présentent de fortes incertitudes dues à des nombres de données utilisables par structure insuffisants et des prospections de mailles sur 1 ou 2 points seulement. Les résultats obtenus s'en trouvent altérés et sont donc à prendre avec précaution.

L'analyse à l'échelle nationale donne des valeurs globales finalement proches de celles obtenues en Bretagne puisque 62% des mailles utilisées en proviennent. Ces dernières, plus nombreuses et précises, ont donc pesé sur l'ensemble du jeu de données. Les probabilités de détection par statut sont très variables entre les régions, principalement en fonction des densités locales de population de la Loutre ou selon la topographie et le régime des cours d'eau (des cours d'eau torrentiels ont tendance à « lessiver » les berges plus fréquemment et ainsi faire disparaître les indices).



### Le protocole standard, basé sur la prospection de quatre points par maille, peut-il être optimisé ?

Dans les régions présentant une population ancestrale telle que la Bretagne ou le Limousin, deux points prospectés (voire un pour le Limousin) au sein d'une maille permettent de mettre en évidence 92 % du nombre total de mailles positives, valeur d'ores et déjà appréciable. Cependant, l'optimum est atteint pour quatre prospections. En effet, le rapport du nombre de mailles positives sur le nombre total de mailles prospectées augmente de 4 % en passant de 2 à 4 points prospectés. Cela correspond à un gain de 40.000 ha pour 100 mailles prospectées, important pour le suivi d'aire de répartition nécessaire dans l'évaluation de l'état de conservation d'une espèce et pour sa protection (arrêt du piégeage). Il est donc conseillé de conserver les quatre points du protocole standard.

Dans des régions nouvellement occupées comme la Bourgogne, il est utile de faire le maximum de 7 prospections journalières sur une maille. En effet, comme le montrent les résultats obtenus par la SHNA, il n'y a pas de signal de saturation à 7 points, correspondant à 30% de mailles positives. A 4 points, ce pourcentage est de 23%. Les 3 prospections supplémentaires ont ainsi permis de mettre en évidence la présence de la Loutre dans 10 mailles indépendantes, correspondant à 100.000 ha. Le gain est là encore important pour le suivi de répartition et pour la mise en œuvre rapide des mesures de protection dans les zones de reconquête. Adapter le protocole en ajoutant 3 points supplémentaires dans les régions en voie de recolonisation permet d'avoir une pression de prospection plus importante sans que cela soit trop coûteux en temps et en personnel.

Les résultats obtenus dans les autres régions ne sont pas interprétables car biaisés par le faible nombre de mailles prospectées à plus de 4 points (en particulier lorsque le protocole est fait à l'échelle du bassin versant et non de la maille). En Sologne, 40 des 58 mailles prospectées ne comprennent qu'un ou 2 points. En Auvergne-Rhône-Alpes, seulement 22 des 226 mailles prospectées protocolées comprennent plus de quatre points. En PACA, 15 des 92 mailles sont prospectées à plus de 4 points.

### Quelle est l'influence de la saisonnalité et y a-t-il un intérêt à effectuer plusieurs sessions de prospection d'une maille dans l'année ?

Il est recommandé dans le protocole d'éviter la saison estivale à cause d'une végétation plus dense et d'une saisonnalité de marquage chez la Loutre. Cette dernière a été mise en évidence lors d'une étude en Autriche sur laquelle 113 m en moyenne espaçaient deux empreintes fraîches en été, contre 33 m en automne (Kranz, 1996).

Les résultats de l'analyse n°3 ont confirmé que la saison estivale (mai à septembre) est légèrement défavorable à la recherche d'indices. Il faut donc privilégier l'automne (octobre à décembre) ou l'hiver (janvier à avril). Toutefois, même dans une région à forte densité comme la Bretagne, une seconde

session de prospection en période favorable s'est avérée utile puisqu'elle a permis d'augmenter le nombre de mailles positives de 6%, soit 60.000 ha. Cependant, il est difficile de généraliser cette observation puisque l'analyse n'a été menée qu'avec 99 mailles.

Les données restent à collecter pour une étude en zone de recolonisation. Cependant, respecter la saison favorable est essentiel d'autant plus que le marquage dans ces zones est plus faible qu'en zone de présence bien établie.

Une étude du nombre de sessions de prospection à effectuer dans les zones où l'intensité de marquage varie, pour établir la présence de l'espèce, a été menée en Italie du Sud. Les résultats ont montré que le minimum de sessions recommandé est de 3 (Balestrieri *et al.*, 2010).

#### Quelle est l'influence de l'ancienneté sur la probabilité de détection de la Loutre ?

Les résultats obtenus en Bretagne montrent que les probabilités de détection de la Loutre augmentent avec son ancienneté de présence. Il existe deux explications, compatibles entre elles, à cette tendance : soit la Loutre marque plus quand elle est bien implantée dans une région et donc plus abondante, soit les prospecteurs savent où chercher des indices de présence au sein d'une maille d'après leurs expériences passées de prospection au sein de cette maille.

#### Comment optimiser le protocole pour l'adapter à un suivi d'occupation ?

Les protocoles actuels ne sont pas adaptés à des suivis d'occupation qui nécessitent des prospections indépendantes de l'unité échantillonnée (plusieurs passages dans une maille) avec un effort de prospection suffisant pour éviter les faux négatifs.

En zone de présence permanente, il faudrait réaliser un maximum de cinq prospections indépendantes dans chaque maille, pour assurer des analyses fiables des taux d'occupation et de détection, avec un risque de faux négatif inférieur ou égal à 5%. Les prospections doivent être réalisées dans un intervalle de temps réduit pour respecter le principe de population close. Si l'investissement humain requis est faisable et acceptable pour les bénévoles et salariés, il faudrait organiser ces suivis en l'espace d'un à deux mois pour diminuer la probabilité qu'un individu soit parti ou arrivé entre les différentes visites de la maille. A noter aussi que les individus de passage et les jeunes marqueraient moins que les résidents (Sittenthaler *et al.*, 2020).

Obtenir une efficacité équivalente en zone de recolonisation est plus compliqué car cela nécessiterait un effort de prospection plus important voire irréaliste.

Cette estimation du nombre de prospections est à l'échelle de la maille mais n'apporte pas d'information sur la façon de prospecter la maille. Une réflexion devra être menée sur ce point (garder les 4 points du protocole standard, pousser à 7 points en zone de recolonisation, ...).

## IV.2. Limites

La limite principale de cette étude est due au fait qu'elle est menée avec des protocoles différents du protocole standard puisque certaines structures utilisent des méthodologies « adaptées » par leurs soins. En particulier, l'échantillonnage par maille n'est pas toujours utilisé, lorsqu'il est considéré incohérent avec une espèce au territoire linéaire. A contrario, la maille a été choisie parce qu'il s'agit d'une unité géographique de référence classiquement utilisée dans des procédures standardisées de suivi d'espèces. Il existe donc un premier biais car des données ne résultant pas du protocole standard ont été transposées pour approcher les résultats obtenus avec la méthode de référence.

Pour mener des analyses à l'échelle nationale et comparer des régions avec des spécificités de populations de Loutre, il est essentiel qu'un même protocole soit appliqué par toutes les structures participantes. De plus, il est important qu'elles saisissent les données de prospections négatives, ce qui a fait parfois défaut. On touche là aux limites de la science participative, les bénévoles, amateurs ou professionnels, ayant parfois tendance à « arranger » un protocole selon leurs idées et disponibilités. Une forte coordination nationale est nécessaire afin de trouver un protocole convenant à tous et ainsi homogénéiser les méthodes utilisées.

D'autre part, l'étude est réalisée à partir de répliquats spatiaux transformés en répliquats temporels. Normalement, une analyse de taux de détection se fait sur des répliquats temporels pour respecter le principe de prospection indépendante et sur un faible intervalle de temps pour s'assurer d'une population close. Ici, le résultat des quatre points prospectés à une même date dans une maille ont été considérés comme 4 prospections globale de la maille à des dates différentes. C'est la deuxième limite de cette étude. En absolu, les résultats obtenus ne sont donc théoriquement pas fiables à 100%, sans être actuellement en mesure de chiffrer les écarts engendrés, s'ils existent. En revanche, les différences relatives observées, entre statuts ou structures, sont fiables car les analyses s'appuient sur les mêmes hypothèses initiales.

Enfin, il n'existe aucune définition claire de la zone de recolonisation. Le choix du statut étant structure-dépendant, les calculs de probabilités et les analyses associées peuvent en être influencés (voir le cas de la discordance notée en LPO AuRA). La définition d'un statut biologique accordé à une

zone géographique ne peut se faire qu'à l'échelle populationnelle : la population est-elle sédentaire, en colonisation... Cette zone géographique propose des habitats favorables ou défavorables pour l'espèce. Il est donc logique que, dans toute zone, des mailles soient négatives (la Loutre ne marquant pas là où elle ne va pas), hormis dans les zones de forte densité où tous les habitats, même marginaux, sont utilisés par l'espèce (cas du Limousin). A faible densité, la Loutre utilisant davantage d'espace (on parle de 40 km de rivière pour un individu isolé, Tremolada *et al.*, 2018), les choix d'habitat par des individus peuvent induire des différences notables de détection selon les régions. Cette définition du statut biologique de présence, en lien avec l'utilisation de l'espace et la sélection d'habitat, sera donc à affiner tant au plan théorique que comportemental pour mieux comprendre les différences de détection entre régions, notamment sur le front de recolonisation.

### IV.3. Perspectives

La distance de prospection de 600 m est un paramètre important du protocole standard qui n'a pas pu être étudié, faute de données le permettant. Une analyse de la distance moyenne parcourue permettant la mise en évidence de la présence de la Loutre doit être effectuée afin d'optimiser, si nécessaire, ce paramètre. Parcourir 600 m peut être coûteux en temps et compliqué en fonction des berges, il pourrait donc être envisageable de réduire cette distance. Un recensement de 12 études montre qu'entre 76 et 97% des indices de présence étaient trouvés dans les 300 premiers mètres. Cependant, ces résultats ont été obtenus dans des zones majoritairement en présence bien établie, donc un contexte de faible densité pourrait faire changer ces pourcentages (Reuther *et al.*, 2000).

Enfin, certains chercheurs utilisent exclusivement une méthode différente qui vise à ne prospecter que des ponts et leurs alentours immédiats supposés représenter des sites de marquage préférentiels de la Loutre. Cette méthode a été utilisée avec succès :

- En Suisse avec une couverture de 4 ponts par maille de 100 km<sup>2</sup> (Kranz et Polednik, 2012).
- Au Tyrol (Land Autrichien) avec 401 ponts contrôlés (Kranz et Polednik, 2020).

Mais, si les prospections sur les ponts et leurs alentours immédiats sont utilisés avec succès dans les Alpes, ce n'est pas le cas dans le sud de l'Italie d'après l'expérience d'Anna Loy (coprésidente actuelle du groupe Loutre de l'UICN). Dans cette région en recolonisation, les loutres ne marqueraient pas préférentiellement sous les ponts.

En France, Nature En Occitanie utilise une méthode de suivi d'ouvrages. Les résultats d'efficacité de détection obtenus par cette structure seront analysés prochainement afin d'évaluer ce protocole qui pourrait constituer une alternative viable en France.

## V. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Arthur, C.P. & Landry, P. (2015). Mammifères terrestres. In : F. Benseititi et R. Puissauve : « *Résultats de l'état de conservation des habitats et des espèces dans le cadre de la Directive Habitats-Faune-Flore en France. Rapportage 'article 17'. Période 2007-2012* ». MEDDE-MNHN SPN, Paris : 79-89.
- Balestrieri, A., Remonti, L., & Prigioni, C. (2010). Detectability of the Eurasian otter by standard surveys: An approach using marking intensity to estimate false negative rates. *Die Naturwissenschaften*, 98 : 23–31.
- Charbonnel, A., d'Amico, F., Besnard, A., Blanc, F., Buisson, L., Némoz, M., and Laffaille, P. (2014). Spatial replicates as an alternative to temporal replicates for occupancy modelling when surveys are based on linear features of the landscape. *Journal of Applied Ecology*, Wiley, vol. 51 (n° 5) : 1425-1433.
- Ceballos, G., Ehrlich, P. R., and Raven, P. H. (2020). Vertebrates on the brink as indicators of biological annihilation and the sixth mass extinction. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(24) : 13596–13602.
- Drake, N. (2017). La sixième extinction massive a déjà commencé. National Geographic. <https://www.nationalgeographic.fr/environnement/la-sixieme-extinction-massive-deja-commence>
- Gagnebet, P. (2020). Le bouquetin est désormais viable dans les Pyrénées grâce à un programme de réintroduction. *Le Monde*. [https://www.lemonde.fr/planete/article/2020/10/18/le-bouquetin-est-desormais-viable-dans-les-pyrenees-grace-a-un-programme-de-reintroduction\\_6056453\\_3244.html](https://www.lemonde.fr/planete/article/2020/10/18/le-bouquetin-est-desormais-viable-dans-les-pyrenees-grace-a-un-programme-de-reintroduction_6056453_3244.html)
- Gourmand, A. L. (2013). Tutoriel du logiciel « Presence ». MNHN/CESCO Vigie-Nature
- Jefferies, D.J. (1980). Suggested Programme of Research – pp. 71-72 in : Lenton, E.J., Chanin, P.R.F, Jefferies, D.J., Otter survey of England 1977-79. Nature Conservancy Council, Shrewsbury, 75pp.
- Kranz, A. (1996). Variability and seasonality in sprinting behaviour of otters *Lutra lutra* on a highland river in central Europe. *Lutra*, Vol. 39
- Kranz, A, and Poledník, L. (2012). Fischottermonitoring an Rhein, Inn und Rhone in der Schweiz. 35.
- Kranz, A, and Poledník, L. (2020). Fischotter in Tirol: Verbreitung and Bestand 2020. 42.

Kuhn, R., Simonnet, F., Arthur, C., and Barthélemy, V. (2019). Plan national d'actions en faveur de la Loutre d'Europe (*Lutra lutra*) 2019-2028. SFEPM and DREAL Nouvelle-Aquitaine, Poitiers, 89 pp.

Kuhn, R., and Jacques, H. (2011). La Loutre d'Europe : *Lutra lutra* (Linnaeus, 1758). Encyclopédie des carnivores de France ; volume 8. Société Française pour l'Étude et la Protection des Mammifères, Bourges, 72 p.

Lerat, D., Lutz, S., and Varanguin, N. (2013). Programme de suivi : Faune aquatique – La Loutre d'Europe (*Lutra lutra*, Linnaeus 1758) en Bourgogne. Société d'histoire naturelle d'Autun, 20 p.

Mason, C. F., and Macdonald, S. M. (1991). Assessment of Otter (*Lutra lutra*) Survey Methods Using Spraints. Pp. 167-170 in : Reuther, C., Röchert, R., (1991). *Proceedings V. International Otter Colloquium, Hankensbüttel 1989*. Habitat No. 6, Hankansbüttel, 344pp.

Parry, G.S., Bodger, O., McDonald, R.A., and Forman, D. W. (2013). A systematic re-sampling approach to assess the probability of detecting otters *Lutra lutra* using spraint surveys on small lowland rivers. *Ecological Informatics*, 14 : 64–70

Reuther, C., Dolch, D., Green, R., Jahrl, J., Jefferies, D., Krekemeyr, A., Kucerova, M., Madsen, A.B., Romanowski, J., Roche, K., Ruiz-Olmo, J., Teubner, J., and Trindade, A. (2000). *Surveying and monitoring distribution and population trends of the Eurasian otter (Lutra lutra): Guidelines and evaluation of the standard method for surveys as recommended by the European section of the IUCN/SSC Otter Specialist Group*. . Habitat No. 12, Hankansbüttel, 152pp.

Rosoux, R., Lemarchand, C., Libois, R., et Bouchardy, C. (2019). *La Loutre d'Europe*. Biotopie Editions. 352pp.

Santulli, G., Palazón, S., Melero, Y., Gosálbez, J., and Lambin, X. (2014). Multi-season occupancy analysis reveals large scale competitive exclusion of the critically endangered European mink by the invasive non-native American mink in Spain. *Biological Conservation*, 176 : 21–29.

Simonnet, F., et Grémillet, X. (2015). Bilan de trois décennies de suivi de la recolonisation de la Bretagne par la Loutre d'Europe. *Revue scientifique Bourgogne-Nature* : 181–191.

Sittenthaler, M., Schöll, E.M., Leeb, C., Haring, E., Parz-Gollner, R., & Hackländer, K. (2020). Marking behaviour and census of Eurasian otters (*Lutra lutra*) in riverine habitats: What can scat abundances and non-invasive genetic sampling tell us about otter numbers? *Mammal Research*, 65(2), 191–202.

Strachan, R. & Jefferies, D.J. (1996). Otter survey of England, 1991-1994. The Vincent Wildlife Trust, London, 223pp.

Tremolada P., Smiroldo G., Gianfranceschi L., Bellani A., Verduci F., Boggioni P. & Balestrieri A. (2018). Current status of reintroduced Eurasian otters on the Ticino River (NW-Italy) : Reinforcement or natural evolution ? First Congress Eurasian otter in the Alps : towards a common strategy across boundaries, 10-12 october 2018, Gran Paradiso National Park, Valsavarenche, Aoste, Italy : 12 pp.

UICN (2012). Lignes directrices pour l'application des critères de la Liste rouge de l'UICN aux niveaux régional et national. Version 4.0. Gand Suisse, Paris France, 50 pp.

## VI. ANNEXES

### Annexe A : Script Python utilisé pour le formatage des données

```
1 import pandas as pd #pip3 install pandas ds terminal / importation de la librairie pour lire le csv et m
2 import numpy as np # importation de la librairie scientifique (ex:opérations sur tableaux)
3
4 # chargement du fichier source
5 data_file = '/Users/leaferrand/Desktop/Python/GMHL.csv'
6
7 # lecture du fichier et chargement dans un tableau nommé data
8 data = pd.read_csv(data_file, sep=';')
9
10 # creation de la liste des mailles (uniques)
11 li_mailles_uniq = [x for x in set(data['Maille'])]
12
13 # calcul du nombre de prospections max par année
14 years_max = [[max(data.loc[data['Année'] == year]['Maille'].value_counts()), year] for year in
15             [x for x in set(data['Année'])]]
16
17 # nom du fichier à écrire contenant la matrice
18 result_file = '/Users/leaferrand/Desktop/Python/GMHL-final.csv'
19
20 # ouverture du fichier à écrire
21 with open(result_file, 'w') as f:
22     # construction de la premiere ligne d'entêtes basé sur le nombre max de passage par maille par année
23     line = 'Maille'
24     for nbmax, year in years_max:
25         for i in range(nbmax):
26             line = line + ";{}-{}".format(year, i + 1)
27     line = line + '\n'
28     f.write(line)
29
30     for maille in li_mailles_uniq: # boucle sur chaque maille
31         line = "{}".format(maille)
32
33         # on isole les données de la maille sur laquelle on travaille
34         data_maille = data.loc[data['Maille'] == maille]
35
36         for nbmax, year in years_max: # boucle sur chaque année
37
38             # on isole les données de la maille ET de l'année
39             data_maille_year = data_maille.loc[data['Année'] == year]
```



```

40
41     for i in range(nbmax): # on boucle sur le nombre de passage max pour l'année
42         try:
43             # on recupere l'indice de presence s'il existe
44             idpre = data_maille_year["Présence d'indice"].values[i]
45
46         except:
47             # si on a pas autant de passage que le max alors on écrit Nan sur la case
48             idpre = '.'
49
50         # on ajoute l'info à la ligne en cours
51         line = line + "{}".format(idpre)
52
53     # avant de passer à la maille suivante on rajoute un passage à la ligne '\n' et on écrit la ligne
54     line = line + '\n'
55     f.write(line)

```

## Annexe B : Exemple du formatage grâce au script Python

Année	Maille	Présence d'indice	Structure	Statut
2020	E083N634	1	A	ZP
2020	E083N634	1	A	ZP
2018	E084N631	0	A	Absence
2018	E084N631	0	A	Absence
2018	E084N631	0	A	Absence
2018	E084N631	0	A	Absence
2020	E085N628	1	A	ZP
2020	E085N628	1	A	ZP
2020	E085N628	1	A	ZP
2020	E085N628	1	A	ZP
2018	E085N634	0	A	ZR
2018	E085N634	0	A	ZR
2018	E085N634	1	A	ZR
2020	E085N634	1	A	ZP



Mailles	2018.1	2018.2	2018.3	2018.4	2020.1	2020.2	2020.3	2020.4
E083N634	.	.	.	.	1	1	.	.
E084N631	0	0	0	0	.	.	.	.
E085N628	.	.	.	.	1	1	1	1
E085N634	0	0	1	.	1	.	.	.



Mailles	1	2	3	4	Structure	Statut
E083N634	1	1	.	.	A	ZP
E084N631	0	0	0	0	A	Absence
E085N628	0	0	0	0	A	ZP
E085N634	0	0	1	.	A	ZR
E085N634A	1	.	.	.	A	ZP

**Annexe C :** Nombre de mailles et de points prospectés, en zone de présence permanente ou de recolonisation, pour l'analyse n°1

Jeu de données Echelle nationale	Nombre de mailles	Nombre de points prospectés	Nombre de valeurs manquantes *
Toutes les mailles	1983	5011	2921
Sélection d'1 année par maille	710	1739	1101
Mailles avec 3 à 4 points prospectés	975	3649	251
1 année par maille avec 3 à 4 points prospectés	491	1835	129

Jeu de données Echelle régionale	Nombre de mailles	Nombre de points prospectés	Nombre de valeurs manquantes *
GMB	1234	3253	1683
GMHL	167	262	406
GMN	44	105	71
GREGE	133	308	224
LPO AuRA	219	458	418
LPO PACA	47	121	67
SHNA	112	448	0
SNE	27	56	52

\* : une valeur manquante est comptabilisé lorsqu'il n'y a pas eu de prospection effectuée sur le point. Une maille prospectée sur seulement 2 points sera accompagnée de 2 valeurs manquantes.

**Annexe D :** Nombre de mailles utilisé pour l'analyse n°2 par structure

Structure	Nombre de mailles	Structure	Nombre de mailles
GMB	1634	LPO AuRA	226
GMHL	167	LPO PACA	92
GMN	57	SHNA	179
GREGE	151	SNE	58

**Annexe E : Résultats des tests statistiques de comparaison 2 à 2**

Nombre de points comparés	GMB	SHNA	GREGE	GMN/SNE/LPO PACA/LPO AURA
1vs2	1,4E-05	>0,05	>0,05	>0,05
1vs3	7,7E-09	9,3E-03	>0,05	>0,05
1vs4	4,7E-11	3,0E-03	0,046	>0,05
1vs5	8,6E-12	8,7E-04	0,035	>0,05
1vs6	5,3E-12	1,5E-04	0,019	>0,05
1vs7	3,2E-12	1,4E-05	0,019	>0,05
2vs3	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05
2vs4	0,027	>0,05	>0,05	>0,05
2vs5	0,014	>0,05	>0,05	>0,05
2vs6	0,011	0,030	>0,05	>0,05
2vs7	0,009	0,006	>0,05	>0,05
3vs4	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05
3vs5	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05
3vs6	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05
3vs7	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05
4vs5	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05
4vs6	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05
4vs7	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05
5vs6	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05
5vs7	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05
6vs7	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05