PARC NATUREL RÉGIONAL
DU MARAIS POITEVIN

Agriculture et environnement

Modèle explicatif et analyse spatiale de la mortalité de la Loutre d'Europe par collision routière dans le Marais Poitevin entre 1980 et 2018

Antoine CASSEL

Promotion 2017 - 2018

Licence Professionnelle Biologie Appliquée aux Ecosystèmes Exploités
Mention Métiers de la Protection et de la Gestion de l'Environnement
UFR Sciences et Techniques de la Côte Basque

Observatoire du patrimoine naturel du Marais Poitevin

UNIVERSITÉ DE PAU ET DES PAYS DE L'ADOUR

Parc naturel régional du Marais poitevin
Une autre vie s'invente ici

Action financée par :

Projet réalisé avec le soutien financier de l'EPMP

Programme des interventions territorialisées de l'Etat PITE Marais Poitevin

Etablissement public du Marais poitevin

RÉSUMÉ

La Loutre d'Europe (*Lutra lutra*, Linnaeus 1758) est un mammifère semi-aquatique extrêmement sensible à la fragmentation de son milieu. Ses déplacements nocturnes le long de la berge, au sec, la rendent vulnérable face aux véhicules. Lorsqu'un ouvrage hydraulique ne dispose pas d'assez de tirant d'air ou d'un passage à sec, en particulier en hiver, les individus franchissent l'obstacle par la berge et finissent par traverser la route. Dans le Marais poitevin, entre 1980 et 2018, pas moins de 237 collisions mortelles ont été recensées. La présente étude a permis d'analyser certaines des principales variables (hydrologie, trafic routier, coupures hydrauliques…) et de tester leur significativité dans la répartition des hotspots de mortalité. Dans un second temps une analyse spatiale sur le logiciel SIRIEMA met en évidence la répartition des points de collision par une hiérarchisation des zones d'agrégation (fonction K de Ripley). D'après les résultats, les communes avec les plus grands réseaux hydrauliques sont les plus touchées. Les routes sont de fait plus accidentogènes lorsqu'elles fragmentent de manière significative le réseau hydraulique, et lorsqu'elles sont très fréquentées. L'interprétation de ces variables est source de biais analytiques, et la fonction d'analyse spatiale n'est puissante qu'avec de grands échantillons. Dans le but de réduire la mortalité de la loutre, le présent rapport doit permettre la réalisation d'une étude de faisabilité sur les tronçons problématiques, ainsi qu'une meilleure compréhension des mécanismes de la mortalité de la loutre.

Mots clés :

Lutra lutra, Loutre d'Europe, Mortalité, Collision routière, Routes, Réseau hydraulique, Statistiques, Hotspots, Agrégation, fonction K de Ripley, SIRIEMA

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier plusieurs personnes qui ont su, par leur bonne humeur et leur professionnalisme, m'intégrer rapidement au sein du parc.

D'abord, merci à Pierre-Guy Perrier (Président) et à Caroline Rouennier (Directrice Générale) de m'avoir accueilli au sein du Parc Naturel Régional du Marais Poitevin (PNRMP).

Merci à mon tuteur de stage, Xavier Baron, chargé de mission environnement, de m'avoir guidé sur la piste de la Loutre d'Europe ! En véritable passionné, il a su me donner tous les outils techniques et naturalistes afin que je puisse mener à bien mon travail.

Nos discussions sur les nichoirs à Huppe fasciée, la pose du piège photographique sur le terrain de Philippe, et bien d'autres moments me manqueront. Je suis chanceux d'avoir pu travailler dans de si bonnes conditions, et heureux d'avoir pu aider dans les missions au quotidien.

Il est vrai que certaines de nos recherches furent infructueuses, quand peut-être, la loutre de Thorigny nous narguait de sa présence les mois précédents… D'ailleurs, j'attendrai avec impatience les résultats de l'analyse ADN de cette fameuse épreinte trouvée à proximité du Curé.

Alors merci, et bonne continuation. Je continuerai de prospecter la loutre, quel que soit l'endroit où je serai.

Je remercie également Sophie Der Mikaélian (Pôle Anguille, PNRMP) pour sa gentillesse et par-dessus tout, sa bonne humeur.

Un grand merci à Alain Texier (Chargé de mission OPN, PNRMP) de m'avoir amené sur les comptages d'héronnière, et d'avoir apporté son aide aux prospections. J'espère que les données amphibiens récoltés dans le secteur Taugon, Saint-Jean et Marans seront utiles pour le prochain atlas régional.

Merci à Pierre Guillermin (Sigiste, PNRMP), de m'avoir fourni tout ce dont j'avais besoin pour réaliser les cartes sous QGis, et de m'avoir apporté des conseils bien pratiques que je garderai en mémoire.

Enfin merci à toute l'équipe de stagiaires de la saison 2018 pour leur bienveillance et leur aide lors des prospections loutre. Merci encore à Jason Peyre, stagiaire Anguille dans les bureaux de Saint-Sauveur, pour sa collaboration lors des prospections loutre et amphibiens.

La formation du Marais poitevin est due au retrait de l'océan Atlantique entre -10000 et -80000 ans avant J-C. Les terrains calcaires s'érodent et laissent apparaitre les plaines côtières, tandis que certains faciès dont le substratum est plus résiliant forment des îlots. Quand l'océan envahit les terres il y a 10000 ans, l'apport massif d'alluvions et de sédiments participe finalement à combler le Golfe des Pictons.

L'histoire du marais est intrinsèquement liée à l'évolution des pratiques agricoles et à l'essor de l'activité anthropique. Dès le Xème Siècle, les moines bénédictins entreprennent la construction d'une digue de ceinture et d'un réseau de canaux, conches et rigoles. Le but est d'assécher une partie du marais, en drainant l'eau de pluie à l'extérieur de la ceinture.

Les siècles suivants, le système est perfectionné par les hollandais avec de nouvelles digues et des portes à flot. Ainsi, le marais desséché est cultivable en aval et le marais mouillé en amont tend à être inondé et se rapproche plus de l'évolution naturelle marécageuse du marais (Oziel).

Aujourd'hui, la valeur environnementale de ce lieu est reconnue. Le Marais poitevin n'est autre que la seconde plus grande zone humide de France avec 112 000 ha, après la Camargue. Il est situé dans 2 régions (Nouvelle-Aquitaine et Pays de la Loire) et 3 départements (Vendée, Charente-Maritime et Deux-Sèvres). On y compte pas moins de 20 000 kms de fleuves, rivières et canaux (Varagne, 2002).

Une mosaïque d'habitats d'intérêt écologique parsème ce milieu (Cf. **Annexe 1 et 2**). Le marais littoral à l'Ouest est la Baie de l'Aiguillon, anciennement Golfe des Pictons, il s'étend sur 9 700 ha. Cette zone poldérisée accueille chaque année des centaines de milliers d'oiseaux en halte migratoire (nourrissage et repos dans les vasières et les pré salés). Le marais mouillé et les fonds de vallées humides représentent 32 200 ha partagés entre prairies permanentes inondables (pâturage), terrées, plantations de frênes et des communaux. Les marais intermédiaires, d'une superficie de 18 700 ha, sont protégés par les inondations et les crues, au même titre que les zones de cultures. Le marais desséché est une zone de cultures céréalières (blé, maîs, tournesol) à perte de vue, sur 46 800 ha. Proche de l'océan, la strate herbacée est prédominante.

Le Marais poitevin, c'est aussi 100 000 habitants, et des cultures intensives qui depuis les années 80, assèchent progressivement le marais mouillé. Le marais est donc un espace artificialisé à vocation agricole, autrement appelé « un agro-système ». C'est dans ce contexte que le Parc Naturel Régional voit le jour le 3 Janvier 1979. L'établissement réunit aujourd'hui 32 salariés qui œuvrent pour un développement durable et solidaire, en tentant de concilier les activités humaines et l'environnement. Ce travail s'articule autour de plusieurs axes comme l'agriculture, le tourisme, le patrimoine culturel et bâti, la gestion de l'eau, le paysage et l'écologie.

De nombreuses actions collectives sont menées afin de partager les connaissances sur le patrimoine naturel du Marais poitevin. L'Observatoire du Patrimoine Naturel en est l'exemple, à travers l'outil SERENA. Cette base de données des réserves naturelles regroupe 140 000 observations au total dans le PNRMP.
Une vingtaine d'espèces indicatrices sont suivies afin de mesurer l'état de conservation du marais. L'une de ces espèces est la Loutre d'Europe (*Lutra lutra*, Linnaeus 1758), mammifère emblématique de ce lieu.

Sommaire

1. **Introduction** 1
2. **Matériel et Méthodes** 3
2.1. Récolte des données de mortalité 3
2.2. Etudes écotoxicologiques et génétiques 4
2.3. Présentation du tableur après extraction dans SERENA 4
2.3.1. Les individus statistiques en ligne 4
2.3.2. Les variables statistiques dans les colonnes 4
2.4. Formatage du jeu de données 5
2.4.1. Suppression des données Hors-PNRMP 6
2.4.2. Modification de variables particulières 6
2.4.3. Création de variables supplémentaires 6
2.4.4. Bilan sur le tableur final 8
2.5. Traitement statistique des variables 9
2.6. Les biais analytiques 10
2.7. Analyse spatiale des points de collision avec le Logiciel SIRIEMA 10
2.7.1. Préparation des couches sous QGis 10
2.7.2. Préparation des tableurs dans Excel 11
2.7.3. Lancer et interpréter les analyses dans SIRIEMA 12
2.7.4. Extraire et formater les données de SIRIEMA 16
2.7.5. L'analyse thématique dans QGis 16
2.7.6. Les biais de la méthode d'analyse spatiale 17
3. **Résultats et Interprétations** 17
3.1. La mortalité de la Loutre par collision routière en quelques chiffres 17
3.1.1. Distribution temporelle 18
3.1.2. Distribution spatiale 19
3.2. Description statistique des variables indicatrices choisies 22
3.2.1. Analyse de la population communale 22
3.2.2. Analyse de la longueur du réseau hydrographique par commune 23
3.2.3. Analyse du nombre de coupures hydrographiques sur le réseau routier 24
3.2.4. Analyse des TMJA 25
3.3. Lien entre la mortalité et les variables indicatrices choisies 26
3.4. Analyse multicritère des 2 variables significatives 29

3.5. Mise en évidence de la répartition spatiale en fonction des variables 29
3.5.1. Mortalité communale et longueur du réseau hydrographique communal 29
3.5.2. Mortalité à l'échelle routière et nombre d'intersections hydrauliques 30
3.6. Hiérarchisation de la répartition spatiale des points de collision 31
4. **Conclusion et perspectives** 34
5. **Bibliographie** 36
6. **ANNEXES** 37
6.1. Annexe 1 : Les unités éco-paysagères du Marais Poitevin 38
6.2. Annexe 2 : Description des unités écologiques 39
6.3. Annexe 3 : Répartition de la Loutre dans le Marais Poitevin en 2018 40
6.4. Annexe 4 : Calendrier du stage 41
6.5. Annexe 5 : Arrêté ministériel 42
6.6. Annexe 6 : Protocole de collecte de la SFEPM 44
6.7. Annexe 7 : Extrait du tableau de données individuelles brutes 53
6.8. Annexe 8 : Tableur final 54
6.9. Annexe 9 : Mortalité hors-collision dans le Marais Poitevin 55
6.10. Annexe 10 : Carte standard des points de collisions de la Loutre 56
6.11. Annexe 11 : Carte des zones d'agrégation des points de collision 57

1. Introduction

La Loutre d'Europe (*Lutra lutra*, Linnaeus 1758) est un mammifère semi-aquatique qui se déplace essentiellement sur les berges, et entre dans l'eau principalement pour chasser. L'espèce carnivore est opportuniste et peut consommer une large gamme de proies : anguilles, cyprinidés, écrevisses, amphibiens, invertébrés aquatiques, oiseaux etc… (Libois et Rosoux, 1989).

En 2002, l'écrevisse de Louisiane est introduite accidentellement dans le Marais poitevin. Depuis quelques années, les restes d'écrevisses sont fréquemment observées lors des recherches d'épreintes (comm. Pers. Xavier Baron). L'écrevisse de Louisiane (*Procambarus clarkii*) est donc une proie très appréciée, qui fournit à la loutre une ressource alimentaire disponible dans tous les canaux, conches et fossés, et qui est de surcroît riche en protéines.

L'espèce colonise un grand panel de milieux, des zones côtières jusqu'aux lacs de montagne à plus de 2000 m d'altitude (Bouchardy et al., 2002). Elle occupe toutes les zones humides intermédiaires comme des tourbières, marais intérieurs, lacs etc… (Puissauve, 2012). Etant un super-prédateur, cette dernière s'adapte à son milieu, qu'elle prospecte sans cesse, jusqu'à 10 kms par nuit (Puissauve, 2012). Territoriale, elle dépose ses épreintes (crottes) ou sécrétions anales (musc), qui sont de véritables bornes olfactives pour les autres individus. Le territoire d'un mâle recoupe celui de plusieurs femelles.

Depuis une vingtaine d'année, la loutre est en pleine expansion démographique, plus ou moins lente en fonction des zones géographiques (corridors écologiques, infrastructures routières etc…) et de sa présence historique (Sordello, 2012). Aujourd'hui, la loutre est présente sur l'ensemble du littoral Atlantique (Bretagne, Pays de la Loire et Nouvelle-Aquitaine) et dans le Massif Central, véritables bastions de population (Cf. **Figure 1**). Des isolats de populations témoignent de corridors historiques (Khun, 2009). Dans le Marais poitevin, cette dernière est omniprésente, à l'exception de quelques zones en assecs plusieurs mois de l'année, où sa présence relève du sporadisme (Cf. **Annexe 3**).

Figure 1. Carte de la répartition actuelle de la Loutre en France (Source : Khun, 2009)

Sa chasse est interdite depuis 1972, et elle fait partie des espèces protégées en France depuis 2007. Elle figure dans l'annexe I de la CITES (1973) ; l'annexe II de la convention de Berne (1979) et dans les annexes II et IV de la Directive Habitat Faune Flore 92/43/EC (1992) (Khun, 2009). Son statut UICN est en plein changement.

Protégée à juste titre, elle fut longtemps chassée pour sa fourrure ou sa viande au cours du XXème Siècle. Présente autrefois dans toute la France sauf en Corse, elle connait une régression spectaculaire à partir des années 30. L'essor du réseau routier depuis plusieurs dizaines d'années a malheureusement un fort impact sur ce carnivore semi-aquatique (Simmonet, 2007). Lorsqu'un ouvrage hydraulique ne dispose pas d'assez de tirant d'air ou d'un passage à sec, en particulier en hiver, les individus franchissent l'obstacle par la berge et finissent par traverser la route. La mortalité routière est devenue la première cause de mortalité de la loutre (Lafontaine, 1991).

La loutre est particulièrement fragile et son taux d'accroissement naturel est très faible. Elle se reproduit de Mars à Septembre et sa gestation dure 2 mois. Les portées sont petites, de l'ordre de 2 et rarement 3 individus. Les jeunes s'émancipent au bout de 9 mois sont actifs sexuellement au bout de 2 voire 3 ans. Le taux de mortalité des jeunes est élevé. La durée de vie d'une loutre en milieu naturel reste très courte, de l'ordre de 5 ans (Bouchardy *et al*., 2008). L'impact de la mortalité routière est non-négligeable sur cette espèce fragile, en lente expansion démographique depuis qu'elle est protégée.

Figure 2. Photo du nouveau passage busé (Source : Antoine Cassel)

Dans le but de restaurer les corridors écologiques de la Loutre, 32 passages à loutre ont étés construits dans le PNRMP. Un nouvel inventaire en 2018 a permis d'identifier 11 autres ouvrages non-dédiés faune, favorables à celle-ci. Les ponts à banquette et encorbellements favorisent le passage à sec sous l'ouvrage, idéalement ils sont fonctionnels en périodes de crues. Les buses sèches incitent le passage sous la chaussée. Des éléments de stimulation au marquage permettent une habituation pour les individus qui l'utilisent. La dernière buse a été construite en Mars 2018, sur la commune de Taugon (Cf. **Figure 2**)

Dans le Marais poitevin, pas moins de 237 cas de collisions routières mortelles ont été recensés entre 1980 et début 2018. Seulement 10 cas ne sont pas liés à un accident de la route (chasse, capture accidentelle, cause de mort inconnue).

La question qui se pose aujourd'hui, c'est : « Comment identifier des facteurs sous-jacents de la mortalité de la loutre, et comment analyser la répartition des points de collision routière dans le Marais poitevin ? »

L'intérêt de ce travail est d'apporter des outils statistiques adaptés à l'analyse des mécanismes expliquant la mortalité de la loutre par collision routière. La présente étude vise également à exploiter des outils d'analyse spatiale afin de cartographier et de hiérarchiser les zones d'agrégation des collisions, appelés « hotspots » ou encore « points chauds » de mortalité. Ce rapport a donc pour finalité d'être utilisé comme

support lors d'une étude de faisabilité pour l'installation de nouveaux passages à loutre sur les tronçons routiers problématiques qui seront mis en évidence.

2. Matériel et Méthodes

Le déroulement de ce travail est précisément décrit dans le planning des tâches (Cf. **Annexe 4**).

L'échelle temporelle de l'étude correspond à toutes les données de mortalité de la Loutre par collision routière récoltées entre 1980 et début 2018. L'échelle spatiale correspond à l'emprise du Parc Naturel Régional du Marais Poitevin.

2.1. Récolte des données de mortalité

Le logiciel SERENA compile les données de mortalité de la loutre dans le PNRMP. Ceux sont 88 personnes, de 18 structures différentes, qui ont participé à implémenter la base de données ces dernières années (Cf. **Figure 3**)

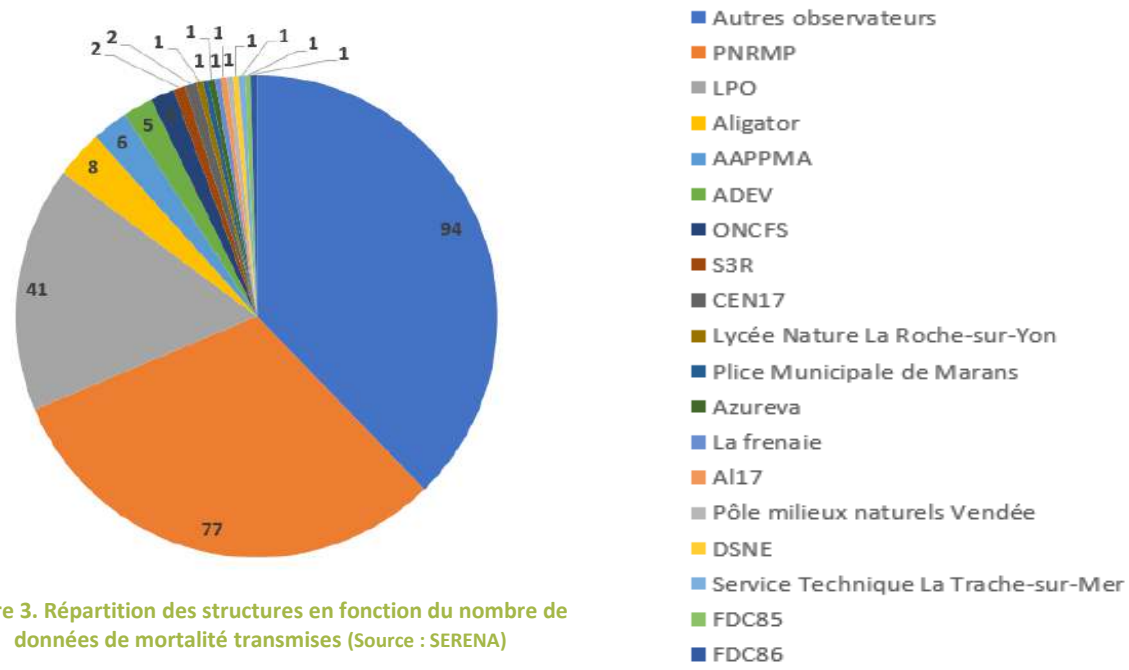


Figure 3. Répartition des structures en fonction du nombre de données de mortalité transmises (Source : SERENA)

Certaines observations proviennent de l'extraction des bases de données participatives Biolovision : www.faune-charente-maritime.org et www.faune-vendee.org, gérées par la Ligue pour la Protection des Oiseaux et www.nature79.org, gérée par le Groupe Ornithologique des Deux-Sèvres et Deux-Sèvres Nature Environnement.

Il n'existe pas véritablement de protocole par prospection ciblée, la majorité des données sont donc récoltées lors d'une observation aléatoire, en voiture.

2.2. Etudes génétiques

Le Parc Naturel Régional du Marais Poitevin, en la personne de Xavier Baron (Pôle Mammifères), est autorisé à « collecter, prélever, enlever, transporter et détenir temporairement des cadavres, parties de cadavres et tissus issus de spécimens morts de Loutre d'Europe… » d'après l'arrêté ministériel du 23 octobre 2015 portant dérogation à la protection stricte des espèces (Cf. **Annexe 5**). La présente autorisation est valable jusqu'au 31 Décembre 2019.

Le protocole de prélèvement de la Société française d'étude et de protection des Mammifères (SFEPM) défini la marche à suivre. Une fiche de collecte et de valorisation des spécimens de loutre est remplie (Cf. **Annexe 6**). Comme l'ADN se dégrade rapidement, (exposition prolongée au soleil, pluies répétées etc…), seuls les cadavres frais (2 à 3 jours maximum) sont prélevés puis placés dans un congélateur avec les échantillons prélevés. Après l'envoi des échantillons, les cadavres sont récoltés par un équarisseur.

La fiche de collecte et les échantillons ADN sont ensuite transmis aux services compétents du Muséum National d'Histoire Naturelle pour une étude génétique (phylogéographie). Depuis 2011, 24 échantillons ont été prélevés et transmis au MNHN. Actuellement, 5 sont en attente d'envoi.

Les données sont toujours en cours d'analyse, et sont traitées par les services du MNHN.

2.3. Présentation du tableur après extraction dans SERENA

Le jeu de données SERENA « mortalité de la loutre » entre 1980 et début 2018 dans le Marais poitevin est extrait sous forme de tableur Excel au format (.xls).

Le tableau de données est un tableau de données individuelles brutes (Cf. **Annexe 7**).

2.3.1. Les individus statistiques en ligne

Les lignes constituent les individus statistiques, ici, des cas de mortalité de la loutre d'Europe recensés entre 1980 et début 2018 dans le Marais poitevin. La valeur de l'échantillon s'élève à 251 individus statistiques, supposés indépendants. La structure est hiérarchisée dans l'espace (Coordonnées, route, réseau hydrographique, lieu-dit, commune, département) et dans le temps (Date de l'observation).

2.3.2. Les variables statistiques dans les colonnes

En colonnes apparaissent 10 variables statistiques de départ (tableur brut). Celles-ci sont présentées dans le tableau ci-dessous (Cf. **Tableau 1**)

Thèmes	Attributs des variables	Signification	Unités de mesure ou modalités	Type	Rôle
Caractéristiques temporelles	**Date**	Date de l'observation	aaaa/mm/jj	Quantitative Continue	Variable Explicative
Caractéristiques spatiales	**Route_Num**	Numéro de la Route et réseau hydrographique	plus de 100 modalités	Qualitative Nominale	Variable Explicative
	Site_Nom	Lieu-Dit, Commune et Département	147 modalités	Qualitative Nominale	Variable Explicative
	OGL93F_X	Coordonnées en Lambert 93	mètres		Variable Explicative
	OGL93F_Y				Variable Explicative
Caractéristiques biologiques de l'échantillon	**NB_Mâle**	Nombre d'individus mâles	2 modalités (1 ou vide)	Quantitative Discrète	Variable à Expliquer
	NB_Femelle	Nombre d'individus femelles	2 modalités (1 ou vide)	Quantitative Discrète	Variable à Expliquer
	NB_Ind	Nombre d'individus non-sexés	2 modalités (1 ou vide)	Quantitative Discrète	Variable à Expliquer
Cause de mortalité et nombre d'individus observés	**NB_Ind_Mort**	Nombre d'individus morts observés	2 modalités (1 ou 2)	Quantitative Discrète	Variable A Expliquer
	Cause_Morta	Cause de la mortalité	4 modalités (Collision routière ; capture par engins de pêche ; chasse ; indéterminé)	Qualitative Nominale	Variable A Expliquer

Tableau 1. Présentation des variables de départ

2.4. Formatage du jeu de données

Le tableur doit être exploitable, et les variables qui le composent doivent être jugées pertinentes pour le traitement statistique sous Rstudio.

Le format du tableur est correct, toutes les lignes sont pleines et les informations manquantes sont systématiquement représentées par des cases vides. Il n'existe pas de valeurs ou de symboles mathématiques particuliers nécessitant un formatage.

2.4.1. Suppression des données Hors-PNRMP

Trois cas de mortalité sont situés à l'extérieur de l'emprise du PNRMP :

- Cadavre d'un mâle observé le 30/07/2005 à la Bredonnière (Saint-Ouen-d'Aunis, 17376)
- Cadavre non-sexé observé le 01/07/2012 aux Cloussis (Sainte-Gemme-la-Plaine 85216)
- Cadavre d'une femelle observé le 08/02/2013 au Fossé Châlon (Boissière-des-Landes 85026)

Ces lignes sont supprimées afin de répondre à l'échelle spatiale de l'étude.

2.4.2. Modification de variables particulières

- Application d'un filtre sur la colonne de la variable Cause_Morta (Cause de la mortalité). Sélection unique des cas de collisions routières mortelles et suppression des autres causes de mortalité et des cases vides.

- Les variables liées aux caractéristiques biologiques de l'échantillon (NB_Mâle ; NB_Femelle ; NB_Ind) sont compilées (=CONCATENER) dans une même colonne appelée « Sexe ». Les modalités « 1 » sont respectivement remplacées par « M » pour un mâle ou « F » pour une Femelle. Le critère Indéterminé (non-sexé) est remplacé par une case vide [Rechercher-Remplacer]. Cette variable simplifiée devient une variable qualitative nominale.

- La colonne « Site_Nom » est à présent scindée en 3 colonnes, l'une contenant la Commune « Comm », l'autre le lieu-dit « Lieu_Dit » et enfin le département « Dptmt ».

- La colonne « Route_Num » est à présent scindée en 2 colonnes, l'une contenant le numéro de la route « Route_Num » et l'autre le réseau hydrographique « Res_Hydr ».

2.4.3. Création de variables supplémentaires

De nouvelles variables sont ajoutées au jeu de données en raison de leur pertinence et des informations qu'elles peuvent apporter lors du traitement statistique.

- Trois nouvelles variables temporelles sont ajoutées afin de faciliter l'analyse et d'apporter de l'information sur l'évolution mensuelle, annuelle et saisonnière de la mortalité par collision routière (Cf. **Tableau 2**)

Nouvelle Variable	Signification	Mode de calcul	Type	Rôle	Justification
Mois	Mois	Récupération à partir de la colonne « Date » [=ANNEE]	Quantitative discrète	Explicative	Voir une évolution mensuelle
Année	Année	Récupération à partir de la colonne « Date » [=ANNEE]	Quantitative discrète	Explicative	Voir une évolution annuelle
Saison	Saison	**Printemps** = Avril, mai, juin **Eté** = Juillet, Aout, septembre **Automne** = Octobre, décembre, novembre **Hiver** = Janvier, février, mars [Nommer la plage de données des mois ; dans une nouvelle colonne : =SI(F2="";"";RECHERCHEV(F2;CorrespMois;2;FAUX))]	Qualitative ordinale	Explicative	Voir une évolution saisonnière

Tableau 2. Présentation des nouvelles variables temporelles

- Quatre nouvelles variables explicatives sont ajoutées afin de vérifier leur pertinence dans les tests statistiques liés à la mortalité de la Loutre par collision routière (Cf. **Tableau 3**)

Nouvelle Variable	Signification	Mode de calcul	Type	Rôle	Justification
Line_Hydr/Comm	Total kilométrique du réseau hydrographique (primaire, secondaire et tertiaire) par commune (en Km)	A partir de la couche « reseau_hydr_généralisé.shp » du PNRMP. Geotraitement → Intersection pour isoler le réseau d'une commune Calcul de distance de la nouvelle couche crée avec $lenght (m) de la calculatrice de champs Qgis Total calculé (m) avec le plugin Statist sous Qgis 2.18.	Quantitative continue	Explicative	Quantifier la présence du réseau hydraulique
NB_Intersect_Route/Hydr	Nombre de coupures hydrauliques par route	Interprétation cartographique à partir des cartes IGN au 1/25000ème et de la couche	Quantitative discrète	Explicative	Quantifier les ruptures de corridors entre la

	(dans la commune)	« reseau_hydr_généralisé.shp »			route et le réseau hydraulique
TMJA/tronçon	Total moyen journalier annuel de passage de véhicule sur une route donnée	Source Nouvelle Aquitaine : www.charente-maritime.gouv.fr www.data.gouv.fr Source Pays de la Loire : Christophe Royer (Dira Vendée)	Quantitative discrète	Explicative	Quantifier le trafic routier sur les tronçons routiers
Popu_Comm	Le Nombre d'habitants par Commune	INSEE (données au 1er Janvier 2017)	Quantitative Discrète	Explicative	Quantifier la présence humaine par commune

Tableau 3. Présentation des variables indicatrices choisies

La variable liée à la « limitation de vitesse » ne sera pas traitée, car la quasi-totalité des tronçons routiers dans le tableur sont limités à 90km/h. Ce détail sera revu dans la partie analytique de l'étude.

2.4.4. Bilan sur le tableur final

Le tableur est donc rempli de nouvelles variables explicatives (Cf. **Figure 4**), il est maintenant exploitable (Cf. **Annexe 8**).

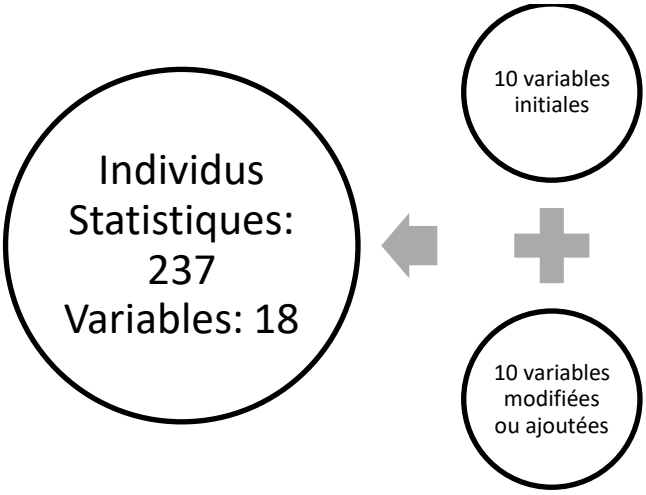


Figure 4. Bilan du nouveau tableur

Le traitement statistique des données est effectué sous RStudio, avec le plugin Rcmdr (RCommander). Certaines représentations graphiques (diagramme en barres, camemberts etc…) sont réalisées sous Excel, à l'aide de tableaux croisés dynamiques.

Le but de cette analyse est de décrire les variables, de vérifier leur pertinence et de déterminer la corrélation entre ces variables. La finalité de cette partie est de vérifier la significativité d'un modèle explicatif de la mortalité de la Loutre par collision routière dans le PNRMP entre 1980 et début 2018.

2.5. Traitement statistique des variables

Les variables sont décrites, puis elles sont soumises à différents tests confirmatoires (inférence) en fonction de leur nature (Cf. **Tableau 4**)

Type d'analyse	Nature de la variable	Statistique descriptive	Statistique confirmatoire
Univariée	Quantitative :	Histogramme et boxplot (normalité)	-Test de normalité : Shapiro-Wilk avec p-valeur > à l'intervalle de confiance à 95% (transformation logarithmique si besoin pour tester la normalité) - Tableau des indicateurs classiques (moyenne, écart-type, intervalle inter-quartiles etc…)
	Qualitative nominale	Camembert ou diagramme en barre	Tableau de distribution et analyse des modes absolus
Bivariée	2 Quantitatives	Matrice de nuages de points ; Nuage de point et Normal QQplot	- Matrice de corrélation linéaire (Pearson) - Test de régression linéaire (forme ellipsoïdale du nuage, coefficient de Pearson élevé, nuage équilibré) - Qualité du modèle de régression linéaire avec Chi squared (explication du modèle) et p-valeur (faible pour la significativité) - Equation du modèle $Variable1 = Coeff2 * Variable2 + Coeff1 + \varepsilon$ Avec coefficients différents de 0 et p-valeur faible - Diagnostic des résidus indépendants, suivant une loi Normale et compris entre [-2 ; 2] → Le modèle est prédictif
	1 Quantitative et 1 Qualitative	Boxplot côte à côte ; Graphe des moyennes	Pour les variables qualitatives à plus de 2 modalités : - Si l'ANOVA n'est pas remplie (Loi Normale et variances égales pour chaque sous-population) - Lancer un test de Kruskall et Wallis : si p-valeur inférieure au seuil, alors les (médianes, écart-type ou moyennes) sont significativement différentes. Les variables sont liées.
Multi-critères	Plusieurs quantitatives	ACP (Analyse des Composantes principales) [FactoMineR]	

Tableau 4. Présentation de la démarche de traitement statistique

2.6. Les biais analytiques

Nature du biais	Précision
Effet observateur	Interprétation cartographique (1/25000ème) : compter les coupures hydrauliques le long du réseau routier.
Manque potentiel de données	Les collisions non-observées ou non-transmises. Le calcul kilométrique du réseau hydrographique par commune : la couche de travail sous Qgis possède quelques (très faibles) manques de données comparées aux cartes IGN.
Source des données	L'interprétation difficile des données TMJA, sources de collecte d'informations parfois différentes.
Pertinence des variables	Les coupures entre le réseau hydraulique et le réseau routier pourraient être plus localisées (zone tampon).

Tableau 5. Les biais du traitement statistique

Les biais de cette analyse résident principalement dans la définition des variables ajoutées. Leur interprétation et leur recherche sont sources d'inexactitudes (Cf. **Tableau 5**)

2.7. Analyse spatiale des points de collision avec le Logiciel SIRIEMA

SIRIEMA 2.0 (Coelho *et al*, 2011) est un logiciel brésilien dédié à l'analyse des collisions routières. Celui-ci utilise un outil de traitement statistique : le K de Ripley. Le résultat est sous forme de « hotspots » ou points chauds hiérarchisés en fonction de l'intensité d'agrégation des points sur un linéaire. Cette méthode est applicable à tous type de taxons à condition qu'il s'agisse de collisions routières. La fonction K de Ripley est également utilisée en écologie forestière pour définir la répartition de groupements de végétation en Guyane (Walter, 2006 ; Picard, 1999) et la répartition d'oiseaux marins (O'Driscoll, 1998).

Le logiciel est gratuit (libre de droits), à télécharger sur : http://www.ufrgs.br/siriema/index.php?option=com_ckforms&view=ckforms&id=3&Itemid=6&lang=en

Le logiciel ne prend en compte qu'un format précis de données, les étapes sont décrites ci-dessous.

2.7.1. Préparation des couches sous QGis

- Définir le SCR du Projet en EPSG : 32631, WGS 84 / UTM Zone 31N
- Ouvrir la couche « RoutesPrincipalesBDCartoGen.shp »
- Enregistrer cette couche sous le même SCR que le projet
- Sélectionner la route concernée, inverser la sélection, supprimer puis enregistrer

Remarque : SIRIEMA ne prend en compte qu'une route (un linéaire) à la fois. Les intersections ne sont pas prises en compte par le logiciel. Il ne sait pas lire les lignes, il faut donc convertir le format de la couche des routes.

- Avec le plugin Qchainage (dans Vecteur), lancer la transformation de forme (ligne vers points) avec un pas de 1m entre chaque point
- Une nouvelle couche intitulée « Chain » est créée (Cf. **Figure 5**)
- Ouvrir la table d'attribut de « Chain », calculer les coordonnées des points avec la calculette de champs ($x et $y) puis supprimer tous les autres champs.
- Enregistrer la couche et la nommer « Chain_NumRoute »

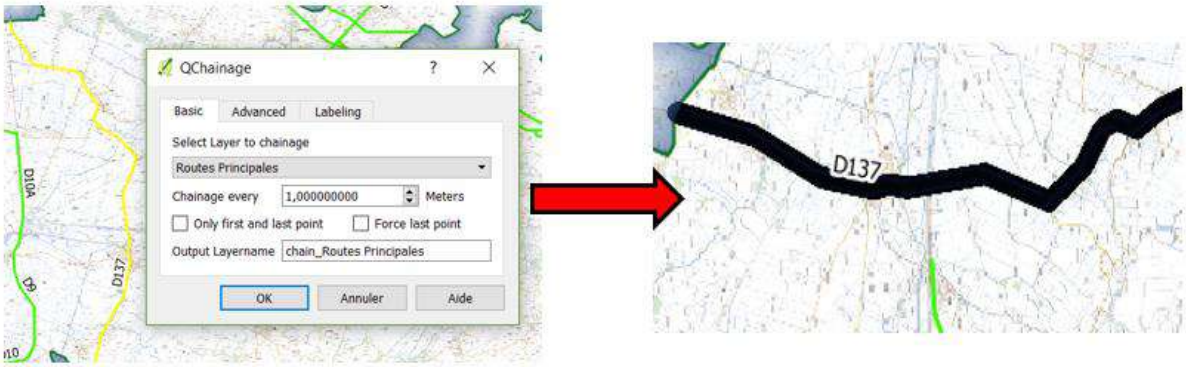


Figure 5. Chainage de la D137

- Ouvrir la couche « Mortalité_Loutre_1980_2018_MAJ.shp »
- Enregistrer cette couche sous le même SCR que le projet
- Sélectionner tous les points de collision routière sur la route concernée
- Inverser la sélection, supprimer puis enregistrer
- Ouvrir la table d'attribut, calculer les coordonnées des points avec la calculette de champs ($x et $y) puis supprimer tous les autres champs.
- Enregistrer la couche et la nommer « Morta_NumRoute »

2.7.2. Préparation des tableurs dans Excel

Remarque : SIRIEMA ne prend pas en compte les virgules.

- Convertir les tableurs « Chain_NumRoute » et « Morta_NumRoute » au format .xlsx
- Sélectionner la plage de données et remplacer les virgules par des points [Rechercher-Remplacer]
- Supprimer la première ligne (champs) des 2 tableurs
- Dans le tableur « Morta_NumRoute » ajouter une troisième colonne avec la valeur 1.

Remarque : Pour différencier le jeu de donnée de la route et celui des points de collision, SIRIEMA doit pouvoir quantifier le nombre de points de collisions avec la valeur 1 dans une troisième colonne (Cf. **Figure 6**)

- Enregistrer les 2 tableurs sous le format TexteDOS (.txt)

Route_D137_WGS84_UTM_Zone_31N - Bloc-notes

Fichier Edition Format Affichage ?

185445.819016742	5143813.34740794
185445.90660611	5143812.35125128
185445.994195478	5143811.35509461
185446.081784847	5143810.35893794
185446.169374215	5143809.36278128
185446.256963583	5143808.36662461

Route_D137_Morta_Recap1980_2016_WGS84_UTM_Zone_31N - Bloc-notes

Fichier Edition Format Affichage ?

185671.183918627	5137269.42726826	1
185840.037649056	5139217.8695292	1
185573.93152893	5142450.02224498	1
186579.480033667	5131974.29393507	1
185295.015124357	5135186.51513047	1
186575.404501924	5131222.58106431	1

Figure 6. Fichiers txt de D137 et des points de collision

Les données sont prêtes à être analysées par le Logiciel SIRIEMA 2.0.

2.7.3. Lancer et interpréter les analyses dans SIRIEMA

- Ouvrir le logiciel SIRIEMA 2.0 → File → Open → Road File (format .txt)
- Cliquer sur OK

Remarque : La route peut être légèrement déformée dans la fenêtre de visualisation, c'est normal car le logiciel ne conserve pas les proportions.

- File → Open → Roadkill File (format .txt)

Remarque : Les points de collision (en rouge) viennent se superposer sur la route (Cf. **Figure 7**)

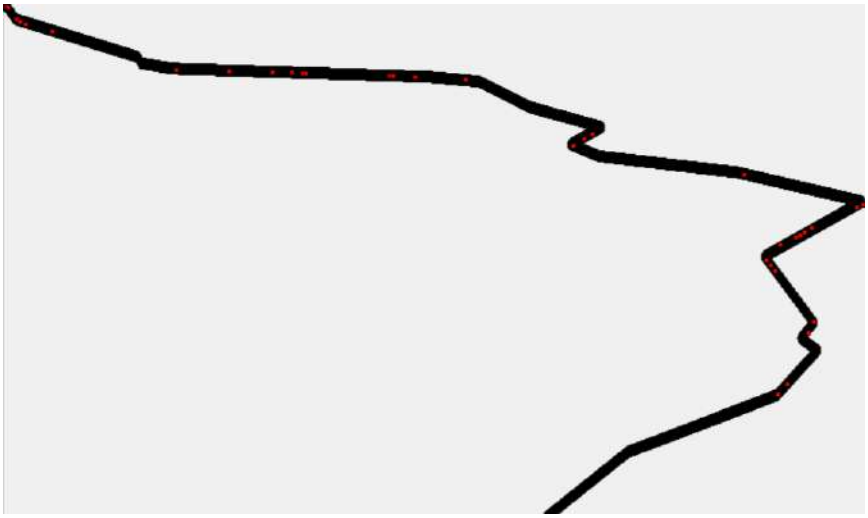


Figure 7. Superposition des points de collision sur la D137

Si les données sont conformes, suivre les étapes suivantes pour lancer l'analyse.

<u>Remarque :</u> L'analyse spatiale des points de collision est basée sur la fonction K de Ripley. Celle-ci a été adaptée par *Clevenger et al,* 2003 afin de répondre à une échelle à 1 dimension, elle est donc adaptée à la configuration linéaire du réseau routier. Voici la formule et la définition de cette fonction K (Cf. **Tableau 6**) :

$$K(ri)_{obs} = \frac{RL}{N^2} \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^{N} \sum_{j=1}^{N} I(d_{ij})$$

Termes	Signification	Valeur	Justification
$r_{i+1} = r_i + \Delta$	r : distance initiale de calcul, centrée sur un point de collision Δ : pas de distance régulier	r par défaut : 500m (*Billon et al*, 2015) r pour l'étude : 300m Δ : 500m (*Billon et al*, 2015)	r par défaut : imprécision de la localisation d'un spécimen r pour l'étude : la localisation est précise (en particulier ces dernières années) Δ : adapté à la longueur moyenne des routes (entre 30 et 60km)
RL	Longueur totale de la route (ne doit pas dépasser 2 fois la valeur de r_i)	L par défaut : 100m (*Billon et al*, 2015) L pour l'étude : 10m	Echelle de lecture sur une carte, en particulier pour « zoomer » sur les tronçons
N	Nombre de collisions observées		
d_{ij}	Distance entre un point de collision j et un point de collision i	en mètres	
$I(d_{ij})$	Indicateur de proximité	1 : un point de collision j est situé dans la distance r d'un point i 0 : aucun point n'est trouvé (*O'Driscoll,* 1998)	

Tableau 6. Présentation des termes de la fonction K de Ripley

Pour entrer ces valeurs dans le logiciel, **Cf.** et

La fonction K de Ripley est calculée pour tous les points de collision, à partir de la distance initiale r et pour chacun des pas de longueur Δ, jusqu'à atteindre la longueur totale de la route (Cf. **Figure 8**)

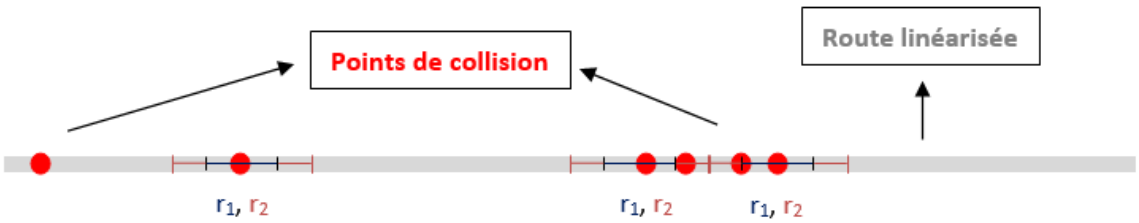


Figure 8. Schéma explicatif du processus de calcul du K de Ripley

r_1 = distance initiale $r_2 = r_1 + \Delta$

Le rendu graphique permet une interprétation spatiale directe grâce à la fonction K de Ripley. Les valeurs de K pour chaque pas de distance (Δ) sont confrontées à un intervalle de confiance (95%), calculé à partir de 1000 répétitions du K de Ripley d'après le processus de Poisson (distribution aléatoire), appelé aussi simulation de Monte-Carlo.

Les valeurs de K supérieures à cet intervalle définissent les points agrégés significativement. Si le K de Ripley appartient à l'intervalle de confiance, alors la distribution spatiale est aléatoire. Au contraire, si les valeurs du K de Ripley sont inférieures à l'intervalle, la distribution est qualifiée de régulière (Cf. **Figure 10**).

- Analysis → Roadkill Spatial Statistics → Linear Ripley K-Statistics
- Dans les paramètres (Cf. **Figure 9**) :

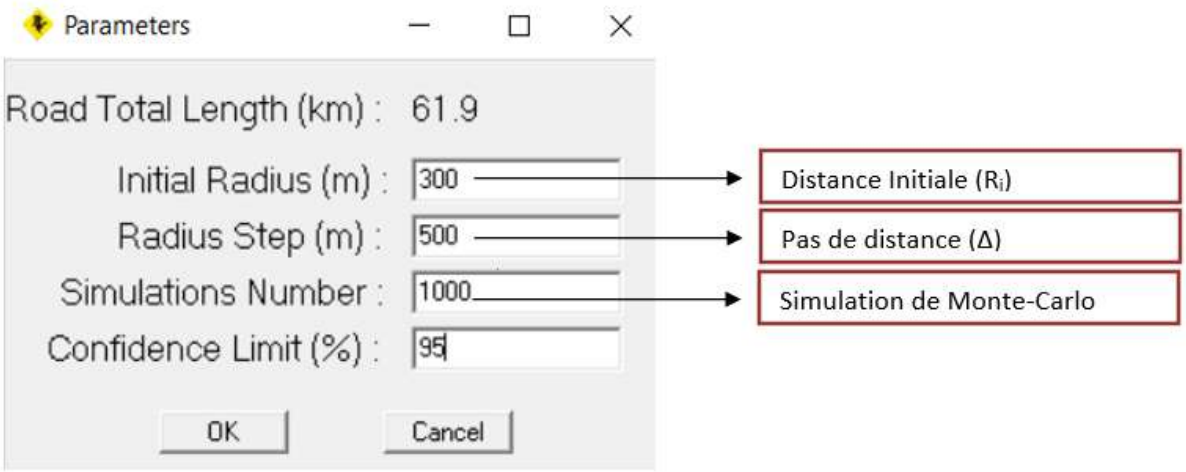


Figure 9. Fenêtre des paramètres de SIRIEMA

Une fois les paramètres définis → OK

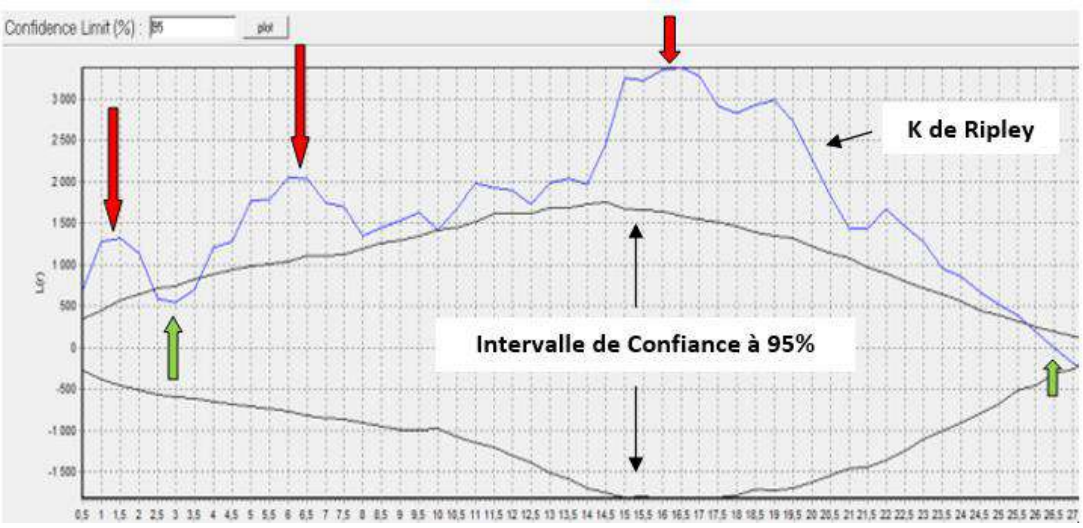


Figure 10. Graphique généré de la mortalité sur la D137 avec SIRIEMA

En rouge : 3 zones significatives d'agrégation sont identifiées

En vert : 2 patrons de valeurs sont dispersés de manière aléatoire

Maintenant que le logiciel a analysé la disposition spatiale des points de collision, il faut lancer un second modèle afin de représenter et de hiérarchiser les zones d'agrégation significatives sur le tronçon routier (Cf. **Figure 12**).

- Analysis → Roadkill Spatial Statistics → Linear HotSpot Identification
- Dans les paramètres (Cf. **Figure 11**) :

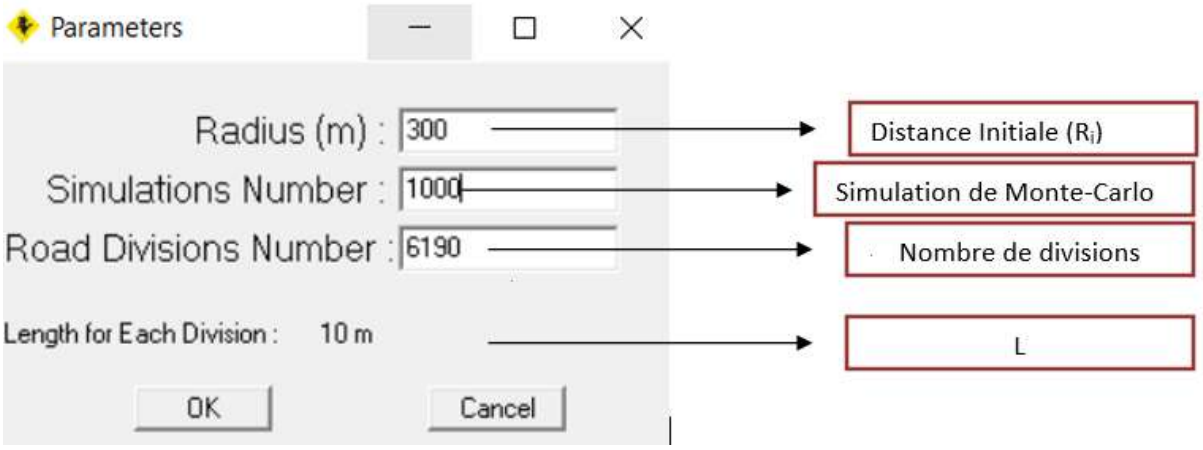


Figure 11. Fenêtre des paramètres pour lancer l'analyse spatiale

Une fois les paramètres définis → OK

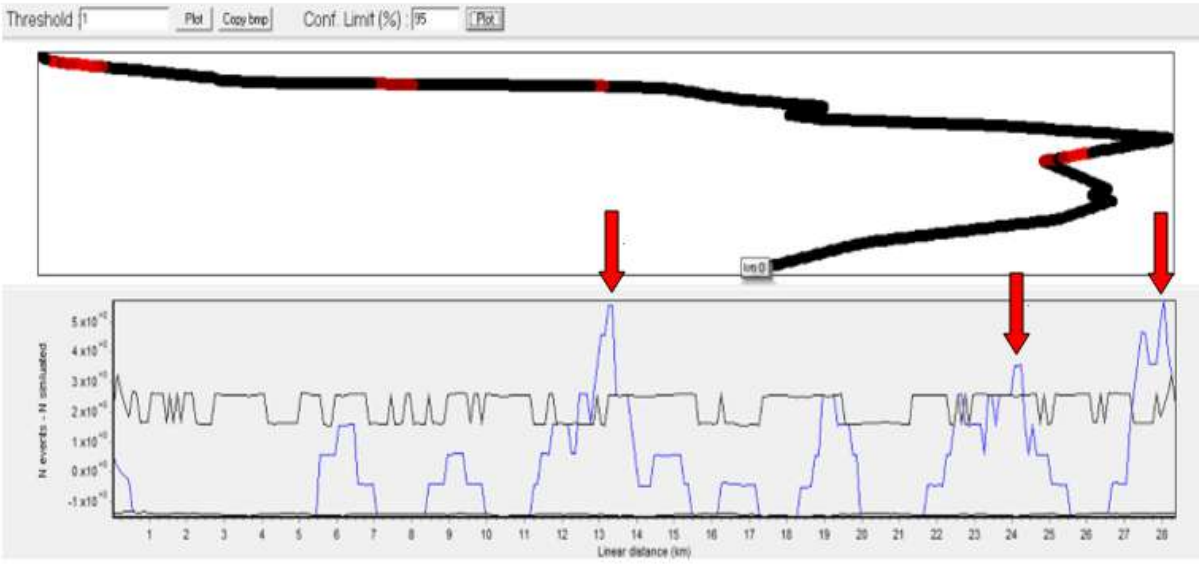


Figure 12. Répartition spatiale des zones d'agrégation sur la D137

En rouge : Localisation et représentation des 3 zones d'agrégation significative

L'analyse est terminée, les données peuvent être exportées.

2.7.4. Extraire et formater les données de SIRIEMA

- File → Export → Graph Data → Enregistrer au format (.txt)
- Copier-coller les données dans un tableur Excel (sauf les valeurs en haut du fichier)
- Supprimer les vides entre les lignes et les colonnes puis nommer les champs de gauche à droite (Linear_distance ; Coord_X ; Coord_Y ; K (ou Amplitude) ; ConfLim_1 ; ConfLim_2)

Remarque : L'analyse thématique dans QGis des valeurs de K n'est pas pertinente, donc le tri des valeurs est réalisé directement dans le tableur.

- Les valeurs de K inférieures à l'intervalle de confiance supérieur [=K<ConfLim_1] correspondent à : « Aléatoire »

- Les valeurs de K égales à l'intervalle de confiance supérieur [=K=ConfLim_1] correspondent à : « Limite d'intervalle de confiance »

- Les valeurs de K supérieures à l'intervalle de confiance supérieures correspondent à : soit « Agrégation » (les plus faibles valeurs de K, 1/3 de toutes les valeurs) soit « Agrégation Significative » (les 2/3 restantes comprenant les valeurs les plus élevées)

- Les données sont concaténées dans la colonne « Rep_Spatia »
- Enregistrer au format CSV (séparateur : point-virgule)

Les données sont prêtes à être exploitées dans QGis (Cf. **Tableau 7**)

Linear_dis	Coord_X	Coord_Y	K	ConfLim_1	ConfLim_2	Rep_Spatia
0,050	190177,200	5128040,500	0,44907	2,26719	-1,36904	Aléatoire
0,150	190202,800	5128137,200	0,19229	3,26892	-1,34603	Aléatoire
0,250	190228,300	5128233,900	-0,01733	2,64897	-1,35048	Aléatoire
0,350	190253,900	5128330,600	-0,15174	2,20081	-1,32801	Aléatoire
0,450	190279,500	5128427,400	-0,27889	1,82596	-1,33132	Aléatoire
0,550	190305,100	5128524,100	-1,33300	2,66700	-1,33300	Aléatoire

Tableau 7. Fichier Excel avant l'entrée dans QGis

2.7.5. L'analyse thématique dans QGis

Le tableur est ajouté dans le projet (EPSG : 32631, WGS 84 / UTM Zone 31N).

- Dans propriétés de la couche → Style → Catégorisé (figurés ronds, taille 2, sans bordures)
- Utiliser le champ Rep_Spatia

La cartographie est complète lorsque la même démarche est répétée pour chacun des tronçons accidentogènes.

2.7.6. Les biais de la méthode d'analyse spatiale

Nature du biais	Précision
L'échelle	L'analyse de la répartition spatiale ne peut se faire qu'une route à la fois. Dans la cartographie finale, c'est donc route par route qu'il faut interpréter les résultats.
Le nombre de données (n<50)	Pour un nombre de données faible sur un tronçon routier, la puissance du K de Ripley diminue (distinction de la répartition spatiale) *Plotkin et al*, 2000. La fonction est conçue pour traiter un grand nombre de données.
La représentativité	Beaucoup de points de collision n'apparaissent pas dans la cartographie finale car ils sont aléatoires (trop dispersés).

Tableau 8. Biais de l'analyse spatiale

Les résultats sont donc à interpréter avec précaution, ce support de travail doit être lu conjointement avec la carte des points de collision afin de ne pas manquer des données (Cf. **Tableau 8**)

3. Résultats et Interprétations

Dans cette partie, les variables choisies sont testées pour vérifier leur significativité dans la mortalité de la loutre par collision routière entre 1980 et début 2018 dans le PNRMP. La cartographie finale de la distribution spatiale des points de collision sera analysée en vue de hiérarchiser l'agrégation des points, et définir les zones les plus propices à l'installation d'un passage à loutre.

3.1. La mortalité de la loutre par collision routière en quelques chiffres

La mortalité routière de la loutre est présentée brièvement à travers quelques chiffres. Pour consulter la carte des spécimens non-accidentés du Marais poitevin (Cf. **Annexe 9**).

3.1.1. Distribution temporelle

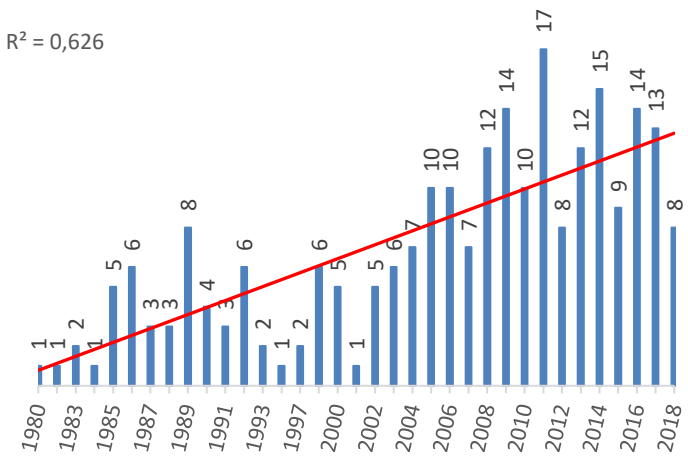


Figure 13. Histogramme de la mortalité en fonction de l'année

Entre 1980 et début 2018, 237 spécimens sont observés. Les 20 premières années (jusqu'en 1999), seulement 54 cas sont décrits. Ces 20 dernières années, 183 cas de mortalité sont recensés dans le Parc. La droite qui suit l'évolution de la mortalité est croissante, avec pour coefficient de détermination $R^2 = 0,626$. L'année 2011 contient le plus grand nombre de cas, 17 au total (Cf. **Figure 13**)

Dans le Marais poitevin, la pression d'observation a très largement augmenté depuis les années 2000, parallèlement au tourisme, et à l'introduction de l'écrevisse de Louisiane qui est présente dans tous types de réseaux hydrauliques. Les données des 20 premières années sont potentiellement sous-estimées.

Saison	Nombre d'observations	% du total
Hiver	75	33,48%
Automne	67	29,91%
Eté	48	21,43%
Printemps	34	15,18%
Total général	**224**	**100,00%**

Tableau 9. Distribution de la mortalité en fonction de la saison

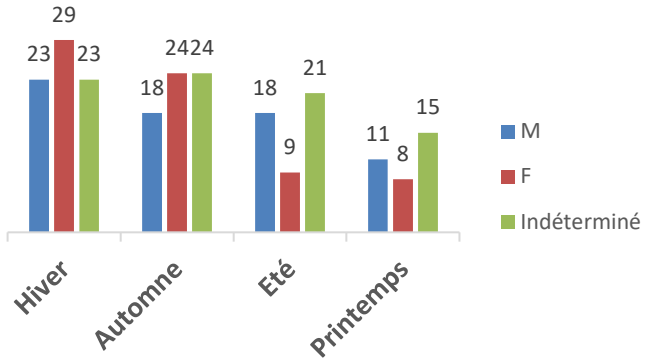


Figure 14. Histogramme de la mortalité et du sexe en fonction de la saison

Le total général est de 224 individus car dans 13 observations le mois de l'année n'a pas été mentionné. L'hiver (75 cas) et l'automne (67 cas) semblent être 2 saisons propices à la mortalité de la Loutre (63,39% des cas est observé à ces périodes). La saison la moins représentée est le Printemps avec seulement 15,18% des cas (Cf. **Tableau 9**).

La loutre est particulièrement active en hiver, quand le réseau est au maximum de sa capacité hydraulique. Son potentiel de déplacement est donc optimisé car tout le réseau est exploitable. Il faut ajouter que les crues rendent certains ouvrages hydrauliques difficiles d'accès (forts courants, immersion de l'ouvrage) et incitent la Loutre à traverser directement par la voie terrestre (*Lafontaine*, 1991). En été et au Printemps, les assecs limitent sa capacité de dispersion.

Seulement 140 spécimens sur 237 ont pu être sexés. La distribution entre mâles et femelles est strictement identique, avec 70 cas pour chaque sexe. La distribution des sexes en fonction de la saison ne révèle également aucune différence significative interprétable (Cf. **Figure 14**).

3.1.2. Distribution spatiale

Départements	Nombre d'observations	% du total
Vendée	172	72,57%
Charente-Maritime	56	23,63%
Deux-Sèvres	9	3,80%
Total général	**237**	**100,00%**

Tableau 10. Distribution de la mortalité en fonction du département

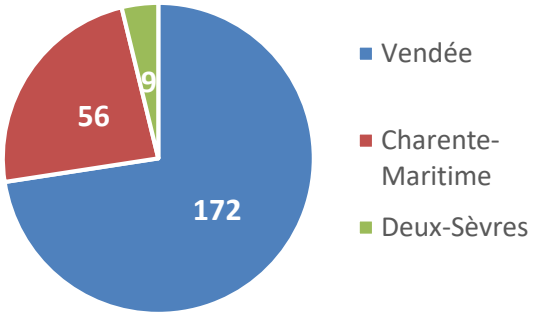


Figure 15. Camembert de la distribution de la mortalité en fonction du département

Le mode absolu est le département de la Vendée (Cf. **Tableau 10** et **Figure 15**). Le département des Deux-Sèvres est le moins représenté avec seulement 3,80% des cas. Ce résultat est explicable en partie par la présence de nombreuses routes départementales faisant office d'axes entre Luçon - La Rochelle ou encore Luçon – Marans. C'est aussi un département dont le réseau hydraulique est développé (primaire, secondaire et tertiaire) en raison de différentes activités agricoles. La pertinence de ces informations sera vérifiée au **Chapitre 3.2**.

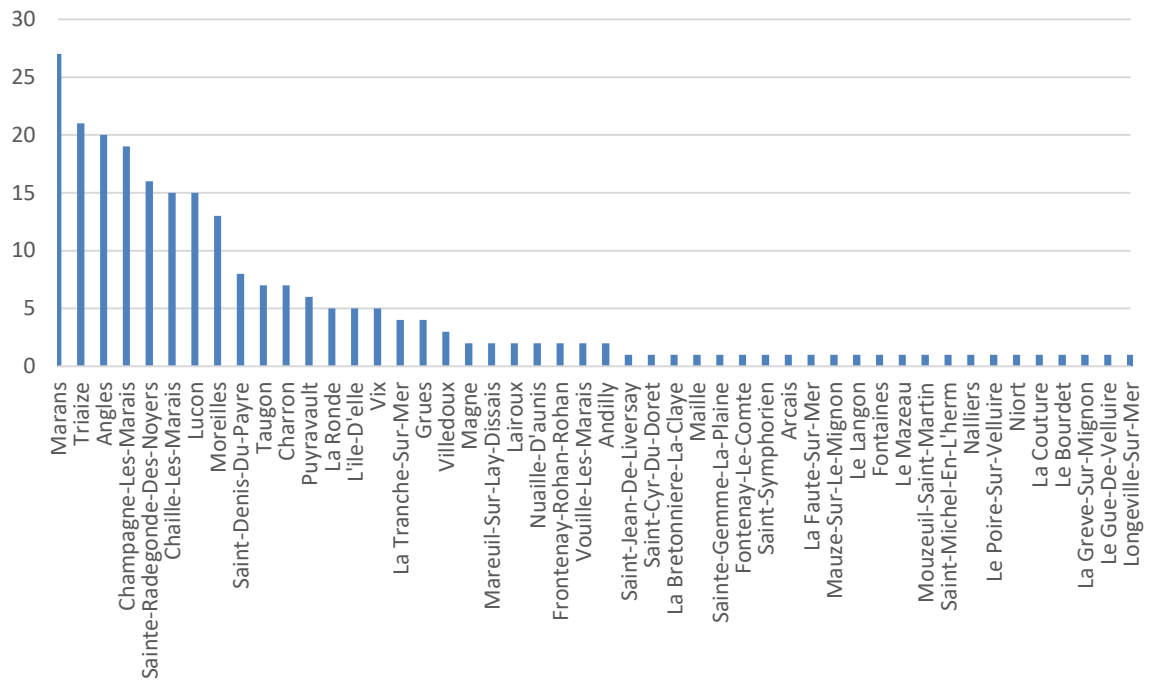


Figure 16. Histogramme de distribution de la mortalité en fonction de la commune

Marans (en Charente-Maritime) est la commune la plus touchée (27 cas), suivie de près par des communes Vendéennes. Triaize compte 21 cas (soit 8,86% du total général), Angles en compte 20 et Champagné-les-Marais 19 (soit 8,02% du total). A elles seules, ces 4 communes cumulent près de 40% des données de mortalité de la Loutre dans le Marais poitevin (Cf. **Figure 16**). Des variables définies à l'échelle communale seront testées pour vérifier leur significativité.

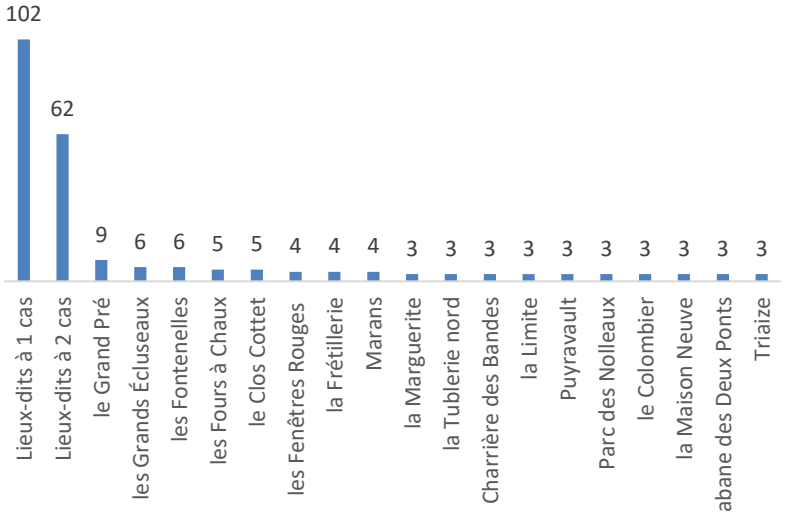


Figure 17. Histogramme de la mortalité en fonction du lieu-dit

Le Grand Pré (Angles, 85) est le lieu-dit avec le plus de cas de mortalité (9 au total). La majorité des données semblent dispersées (1 ou 2 cas) dans des lieux-dits différents (Cf. **Figure 17**)

La route la plus meurtrière du Marais poitevin est la D137, avec 36 cas de collision soit 18,18% du total général. Elle est suivie par la D50, la D747, la D746, la D25 et la D938 ter. A elles 6 ces routes cumulent 126 cas, soit 63,65% des données. Les routes les moins concernées contractent entre 1 et 2 cas maximum (D44, D105, etc…). La totalité de ces routes sont limitées à 90km/h. Le facteur vitesse est donc une composante commune de ces résultats (Cf. **Figure 18**). La route nationale 11, limitée à 110 km/h, ne compte que 3 cas de mortalité. La configuration de la route (remblais, grillages, ouvrages transparents) limite le risque de collision, contrairement aux axes secondaires qui coupent un grand nombre de rivières et canaux (réseaux hydrauliques diffus) (*Lafontaine*, 1991). D'autres données routières seront présentées et testées.

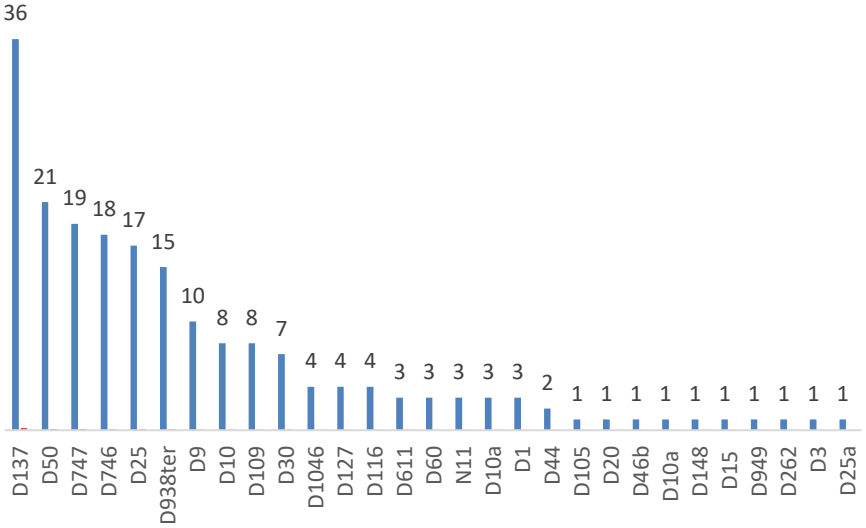


Figure 18. Histogramme de distribution de la mortalité en fonction de la route

3.2. Description statistique des variables indicatrices choisies

Les variables indicatrices choisies sont dans un premier temps analysées (répartition, étendue, etc…).

3.2.1. Analyse de la population communale

L'histogramme ne présente pas de forme en cloche (asymptote à gauche). D'après le test de Shapiro-Wilk : **W = 0.67891, p-value < 2.2e-16**, la variable ne suit pas une loi Normale au seuil de 5%. La transformation logarithmique n'est toujours pas normale car Shapiro-Wilk donne : **W = 0.972, p-value = 0.0001251.** Le boxplot présente 3 valeurs extrêmes (Cf. **Figure 19**)

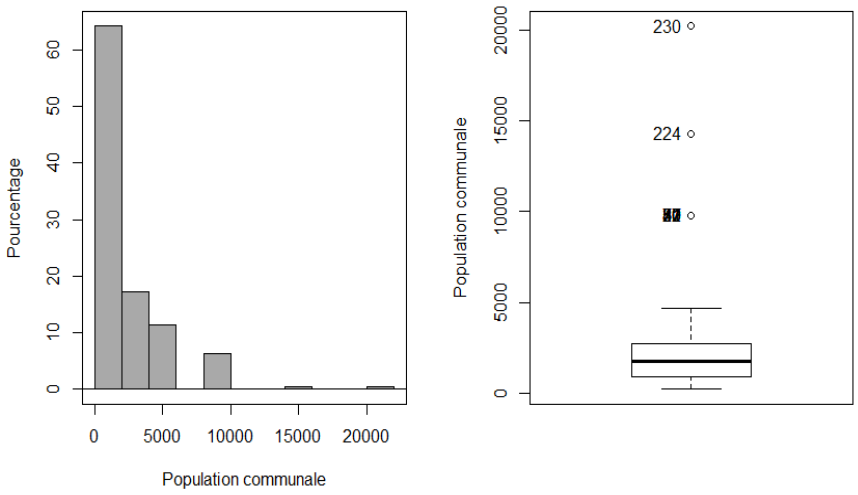


Figure 19. Histogramme (à gauche) et boxplot (à droite) de la distribution de la mortalité en fonction de la population communale

mean	sd	IQR	0%	10%	25%	50%	75%	100%	n
2498.262	2680.294	1861	220	552	899	1775	2760	20193	237

Tableau 11. Indicateurs classiques de la population communale

D'après les indicateurs classiques (Cf. **Tableau 11**)

- Les niveaux :

- La population minimale est de 220 habitants, maximale 20193, et la moyenne est de 2498,262 habitants. L'intervalle de confiance de la moyenne à 95% donne : **[2155.266 ; 2841.258].** L'intervalle a 95% de chances de contenir la moyenne de la population communale.
- 50% des valeurs sont inférieures à 1775 habitants et 75% des valeurs sont inférieures à 2760 habitants.

- L'homogénéité :

- L'écart-type (Sd) est de 2680,294 habitants > à la moyenne. Cela indique une certaine hétérogénéité des données.

3.2.2. Analyse de la longueur du réseau hydrographique par commune

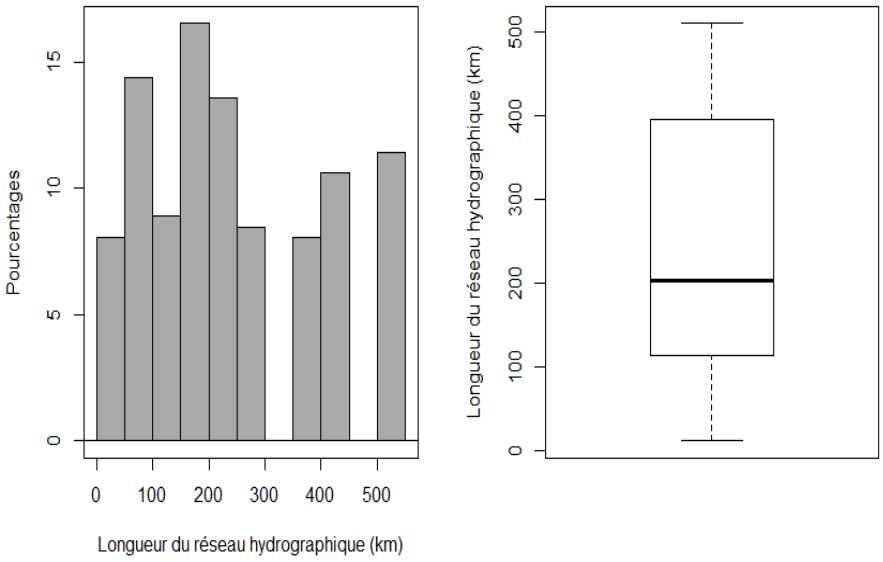


Figure 20. Histogramme (à gauche) et boxplot (à droite) de la distribution de la mortalité en fonction de la taille du réseau hydraugraphique

L'histogramme ne présente pas de forme en cloche. D'après le test de Shapiro-Wilk : **W = 0.90112, p-value = 2.358e-11**, la variable ne suit pas une loi Normale au seuil de 5%. La transformation logarithmique n'est toujours pas normale car Shapiro-Wilk donne : **W = 0.91932, p-value = 5.056e-10.** Le boxplot ne présente aucune valeur extrême (Cf. **Figure 20**)

mean	sd	IQR	0%	10%	25%	50%	75%	100%	n	NA
243.527	155.1559	281.671	10.867	74.498	113.048	202.899	394.719	509.865	236	1

Tableau 12. Indicateurs classiques de la taille du réseau hydraulique

D'après les indicateurs classiques (Cf. **Tableau 12**)

- Les niveaux :

- La longueur minimale du réseau hydraulique est de 10,867 kms, maximale 509,865 kms, et la moyenne est de 243,527 kms. L'intervalle de confiance de la moyenne à 9 5% donne : **[223.6293 ; 263.4247].** L'intervalle a 95% de chances de contenir la moy enne de la longueur du réseau hydrographique.
- 50% des valeurs sont inférieures à 202,899 km et 75% des valeurs sont inférieures à 394,719 km.

- L'homogénéité :

- L'écart-type (Sd) est de 155,1559 km < à la moyenne. Cela indique une certaine homogénéité des données.

3.2.3. Analyse du nombre de coupures hydrographiques sur le réseau routier

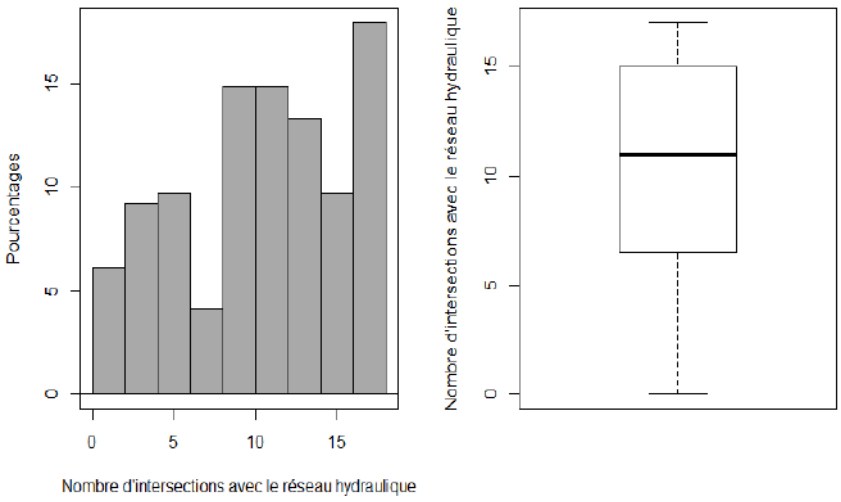


Figure 21. Histogramme (à gauche) et boxplot (à droite) de la distribution de la mortalité en fonction des coupures hydrauliques

L'histogramme ne présente pas de forme en cloche. D'après le test de Shapiro-Wilk : **W = 0.93164, p-value = 0.00000006268**, la variable ne suit pas une loi Normale au seuil de 5%. La transformation logarithmique n'est toujours pas normale car Shapiro-Wilk donne : **W = 0.52291, p-value < 2.2e-16.** Le boxplot ne présente aucune valeur extrême (Cf. **Figure 21**)

mean	sd	IQR	0%	10%	25%	50%	75%	100%	n	NA
10.58974	4.922691	8.5	0	3	6.5	11	15	17	195	42

Tableau 13. Indicateurs classiques du nombre de coupures hydrauliques

D'après les indicateurs classiques (Cf. **Tableau 13**)

- Les niveaux :

- Le nombre d'intersections minimal est de 0, maximal 17, et la moyenne est de 10,60 intersections. L'intervalle de confiance de la moyenne à 95% donne : **[9.894477 ; 11. 285010].** L'intervalle a 95% de chances de contenir la moyenne du nombre d'intersec tions.
- 50% des valeurs sont inférieures à 11 et 75% des valeurs sont inférieures à 15.

- L'homogénéité :

- L'écart-type (Sd) est de 5 intersections < à la moyenne. Cela indique une certaine homogénéité des données.

3.2.4. Analyse des Totaux Moyens Journaliers Annuels

L'histogramme ne présente pas de forme en cloche. D'après le test de Shapiro-Wilk : **W = 0.8853, p-value = 8.293e-11**, la variable ne suit pas une loi Normale au seuil de 5%. La transformation logarithmique n'est toujours pas normale car Shapiro-Wilk donne : **W = 0.79952, p-value = 2.393e-10.** Le boxplot ne présente aucune valeur extrême (Cf. **Figure 22**)

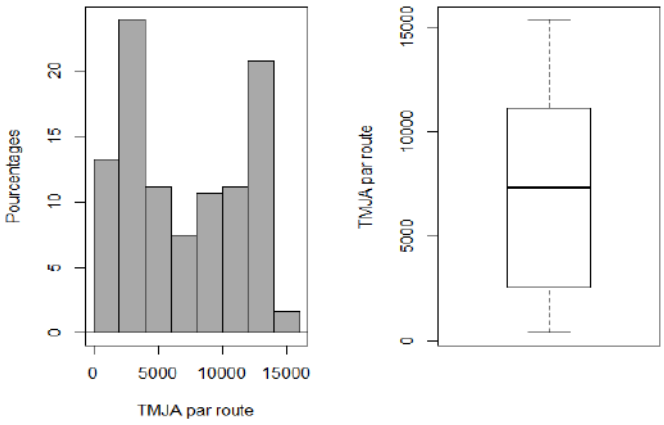


Figure 22. Histogramme (à gauche) et boxplot (à droite) de la distribution de la mortalité en fonction des TMJA

mean	sd	IQR	0%	10%	25%	50%	75%	100%	n	NA
6979.447	4618.825	8592	402	1435	2554	7322	11146	15365	188	49

Tableau 14. Indicateurs classiques des TMJA

D'après les indicateurs classiques (Cf. **Tableau 14**)

- Les niveaux :

- Le TMJA minimal est de 402 véhicules/jour, maximal 15365, et la moyenne est de 6 979. L'intervalle de confiance de la moyenne à 95% donne : **[6314.908 ; 7643.986].** L 'intervalle a 95% de chances de contenir la moyenne des TMJA.
- 50% des valeurs sont inférieures à 7322 et 75% des valeurs sont inférieures à 1114 6.

- L'homogénéité :

- L'écart-type (Sd) est de 4618 véhicules/jours < à la moyenne. Cela indique une certaine homogénéité des données.

3.3. Lien entre la mortalité et les variables indicatrices choisies

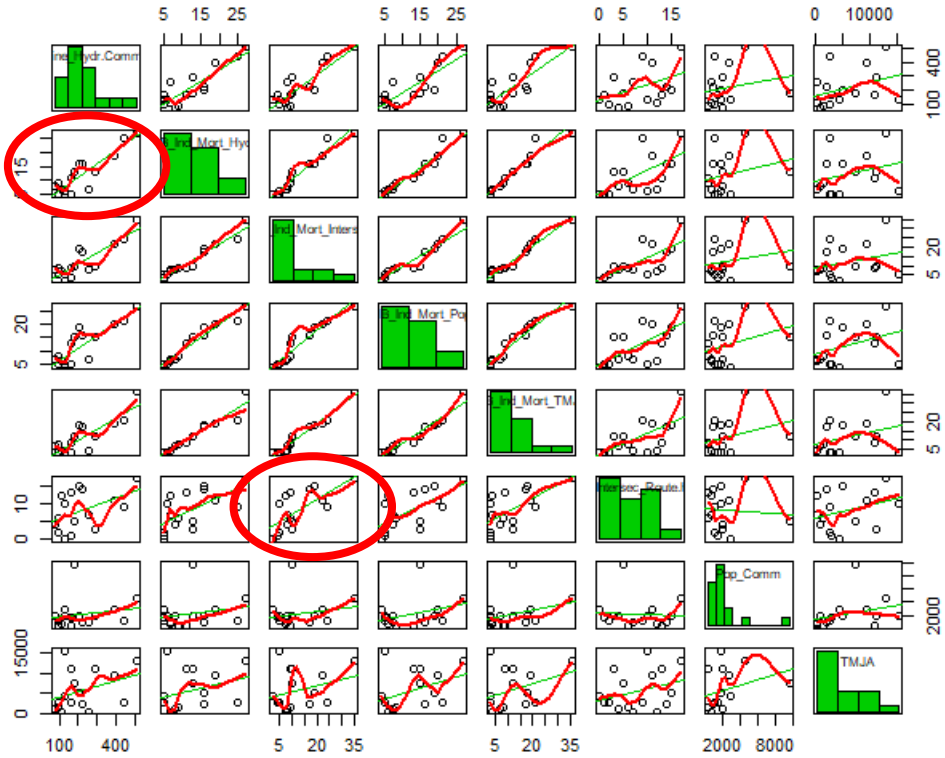


Figure 23. Matrice de nuages de points

Graphiquement (Cf. **Figure 23**), la taille du réseau hydraulique et le nombre de coupures hydrauliques semblent corrélés de manière linéaire à la mortalité de la loutre. Une matrice des coefficients de corrélation linéaire (Person) permet de vérifier cette interprétation (Cf. **Tableau 15**)

	Réseau Hydro	Mort_Hydr	Mort_Intersect	Mort_Pop	Mort_TMJA	Intersections	Pop_Comm	TMJA
Réseau Hydro	1,0000	0,8887	0,8718	0,8514	0,8461	0,4586	0,1868	0,3609
Mort_Hydr	0,8887	1,0000	0,9663	0,9716	0,9643	0,6258	0,2424	0,3041
Mort_Intersect	0,8718	0,9663	1,0000	0,9444	0,9796	0,7010	0,1880	0,2804
Mort_Pop	0,8514	0,9716	0,9444	1,0000	0,9638	0,6515	0,3104	0,3838
Mort_TMJA	0,8461	0,9643	0,9796	0,9638	1,0000	0,6548	0,2930	0,3521
Intersections	0,4586	0,6258	0,7010	0,6515	0,6548	1,0000	-0,0754	0,3114
Pop_Comm	0,1868	0,2424	0,1880	0,3104	0,2930	-0,0754	1,0000	0,3205
TMJA	0,3609	0,3041	0,2804	0,3838	0,3521	0,3114	0,3205	1,0000

Tableau 15. Matrice de corrélation linéaire avec Pearson

Remarque : Le logiciel R ne prend pas en compte la distribution du nombre de spécimens morts (NB_Ind_Mort), la distribution de cette variable a donc été réalisée au préalable en fonction de chaque indicateur.

Le coefficient de Pearson est très élevé entre la longueur du réseau hydraulique de la commune et le nombre d'individus morts (r=0,89). La valeur de Pearson entre le

nombre d'intersections hydrauliques et le nombre d'individus morts est remarquable (r=0,70). La population communale et les TMJA semblent très faiblement liées linéairement au nombre d'individus retrouvés morts. Aucune de ces 4 variables ne semblent corrélées entre elles, il faut tout de même retenir le coefficient de Pearson (0,46) entre la taille du réseau hydraulique et le nombre de coupures hydrauliques.

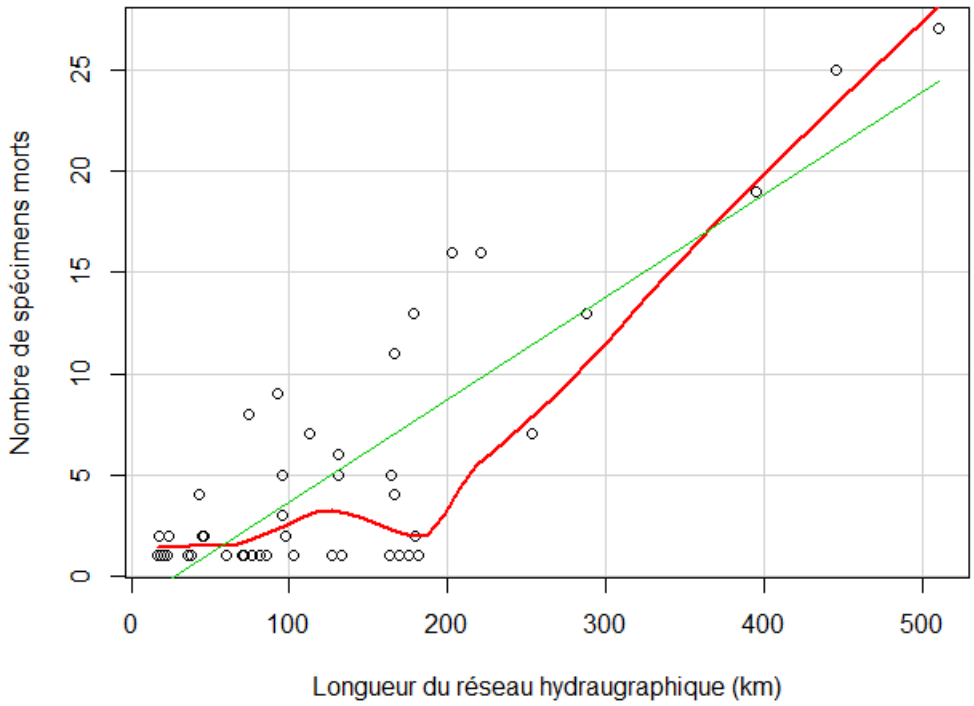


Figure 24. Nuage de points de la mortalité en fonction de la taille du réseau hydraulique

D'après les 3 conditions pour la régression linéaire (Cf. **Figure 24**)

- Le nuage de points a une forme ellipsoïdale
- Le coefficient de corrélation linéaire de Pearson est remarquable : 0.89
- Le nuage de points semble équilibré (la transformation logarithmique ne l'est pas)

Une régression linéaire est lancée en faisant abstraction du fait que le nuage de point est déséquilibré.

- **Qualité du modèle**

- le coefficient de détermination est de **0.7125** (Multiple R-squared), il est significatif c ar la p-value est très faible : **3.248e-13.** Cela signifie que 71% des valeurs du nombre de cas accidentés sont expliquées par la longueur du réseau hydrographique.

- **Formule du modèle**

- L'un des deux coefficients (Intercept) n'est pas significatif car sa p-valeur vaut **0.103.**

$$Nombre\ de\ spécimens\ morts = -0.05 * Longueur\ du\ réseau\ hydraulique - 1.39$$

- **Diagnostic des résidus**

Min	1Q	Median	3Q	Max
-6.7895	-1.9195	0.4294	2.1820	7.1277

Tableau 16. Diagnostic des résidus

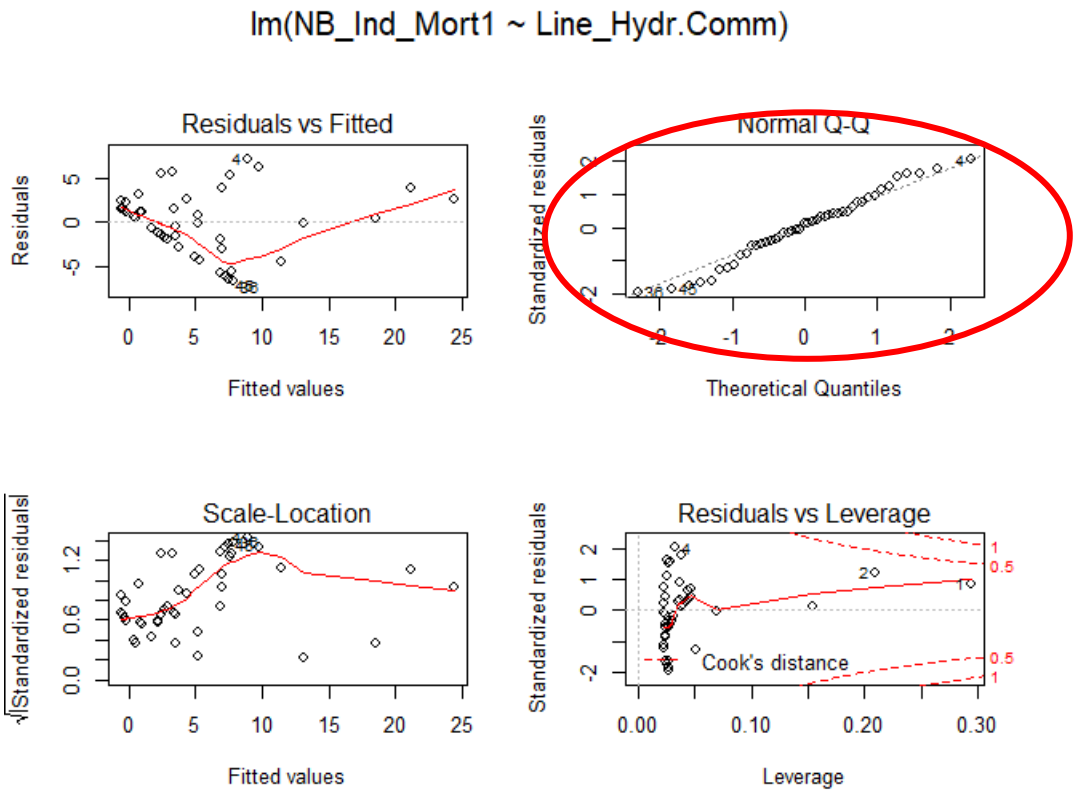


Figure 25. Normal QQplot des résidus

D'après le Normal QQplot, (Cf. **Figure 25**) les résidus ne suivent pas une loi Normale. En conséquence le modèle (expliquant 71% des valeurs du nombre de spécimens morts) ne peut pas être utilisé de manière prédictive.

La qualité du modèle explicatif de la mortalité en fonction des coupures hydrauliques n'est pas significative (p-valeur = 0.002).

3.4. Analyse multicritère des 2 variables significatives

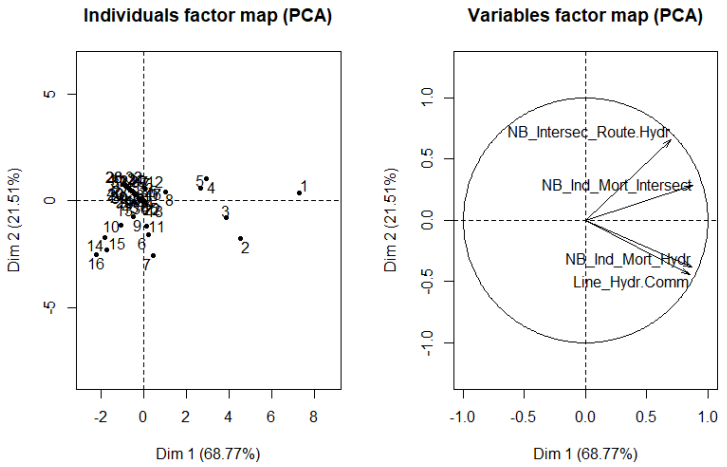


Figure 26. ACP

La dimension 1 et 2 explique 90% des données (Cf. **Figure 26**). La longueur du réseau hydrographique et le nombre des coupures hydrauliques sont dissociés entre eux. Ces deux variables semblent contribuer fortement à la formation de l'axe (coefficient proche de 1) et à l'explication de la mortalité de la loutre.

3.5. Mise en évidence de la répartition spatiale en fonction des variables

Cette partie vise à montrer le lien entre les variables indicatrices significatives et la répartition spatiale des points de collision.

3.5.1. Mortalité communale et longueur du réseau hydrographique communal

Commune	Longueur du réseau hydrographique (km)	Nombre de collisions
Marans	509,865	27
Triaize	445,692	21
Champagne-Les-Marais	394,719	19
Chaille-Les-Marais	255,1892667	15
Charron	253,477	7
Lucon	240,8639333	15
Sainte-Radegonde-Des-Noyers	202,899	16
Angles	195,2322	20
Saint-Michel-En-L'herm	181,481	1
Andilly	179,379	2
Moreilles	178,769	13
Arcais	175,562	1
Saint-Jean-De-Liversay	169,613	1
Grues	165,875	4
La Ronde	164,274	5
Maille	163,141	1

Tableau 17. Tableau de distribution conjointe

Le test de Kruskal et Wallis donne (conditions pour l'ANOVA non-remplie) : **chi-squared = 213.35, df = 47, p-value < 2.2e-16.** La différence des médianes de la longueur du réseau hydrographique en fonction de la commune est donc significative. Les variables sont donc liées.

Les 8 communes les plus touchées (cumulant 61,61% du total général) font partie des 11 communes avec le plus grand réseau hydrographique (Cf. **Tableau 17**)

Les tests statistiques confirmatoires de la partie précédente ont déterminé une forte significativité entre la mortalité de la loutre et la taille du réseau hydrographique communal.

3.5.2. Mortalité à l'échelle routière, TMJA et intersections hydrauliques

Le test de Kruskal et Wallis donne (conditions pour l'ANOVA non-remplie) : **chi-squared = 132.37, df = 26, p-value = 3.232e-16.** La différence des médianes du nombre d'intersections hydrauliques en fonction de la route est donc significative. Les variables sont donc liées.

Les 6 routes les plus touchées par la mortalité (cumulant 63,65% du total général) font partie des 8 routes avec le plus de coupures hydrauliques (Cf. **Tableau 18**).

Les tests statistiques confirmatoires de la partie précédente ont déterminé une forte significativité entre la mortalité de la loutre et le nombre de ruptures hydrauliques le long du réseau routier.

Il parait étonnant que les TMJA ne soient pas plus significatifs, mais les données récoltées ne proviennent pas des mêmes sources. De plus, des routes comme la N11 peuvent biaiser le résultat. Le TMJA de la N11 est très élevé mais peu de données de mortalité existent en raison de la configuration de la route (remblais, grillage, etc…). Cette variable reste quand même utile quand on souhaite déterminer des tronçons à risques car les routes les plus accidentogènes du marais poitevin ont des TMJA très élevées : la D137 avec 12882 véhicules par jour ; la D747 avec 9533 véhicules/jour ou encore la D746 avec 5037 véhicules/jour.

Route	TMJA	Nombre d'intersections hydrauliques	Nombres de spécimens
D50	2554	38	21
D137	12882	33	36
D746	5037	33	18
D25	2183	27	17
D747	9533	25	19
D10		17	8
D9	10920	17	10
D938ter	11146	17	15
D109	1435	16	8
D127	460	14	4
D10a	7322	13	3
D1046		11	4
D30	1079	11	7
D1	2916	9	3
D116	402	7	4
D15		6	1
D25a		5	1
D44		5	2
N11	13716	5	3
D148	8527	4	1
D46b	1401	4	1
D105		3	1
D262	3153	3	1
D611	15365	3	3
D20		2	1
D3	1198	2	1
D949	6380	1	1

Tableau 18. Distribution conjointe

3.6. Hiérarchisation de la répartition spatiale des points de collision

Dans cette partie, il est question d'interpréter la répartition spatiale des points de collision afin de visualiser les zones d'agrégation significatives, autrement appelées « hotspots » de mortalité.

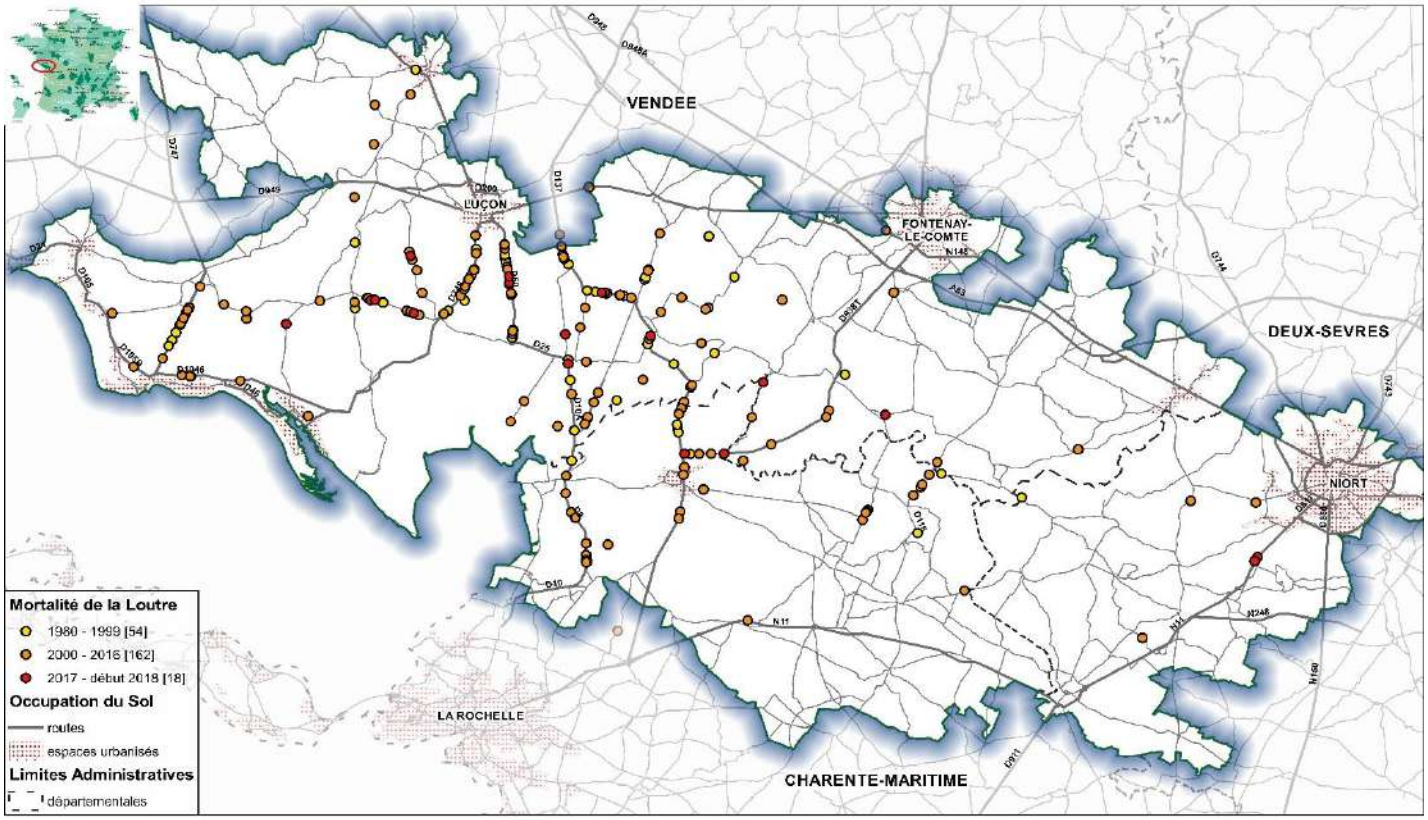


Figure 27. Carte de distribution standard des points de collision routières de la Loutre entre 1980 et début 2018 dans le PNRMP (Source : Antoine Cassel)

Cette carte standard fait figurer chaque point de collision depuis 1980 dans le Parc Naturel Régional du Marais Poitevin. Pour visualiser la carte complète (Cf. **Annexe 10**). Celle-ci permet d'interpréter visuellement une certaine « agrégation » des points sur des tronçons routiers, mais ne permet pas d'identifier formellement et avec précision des points chauds de mortalité (Cf. **Figure 27**).

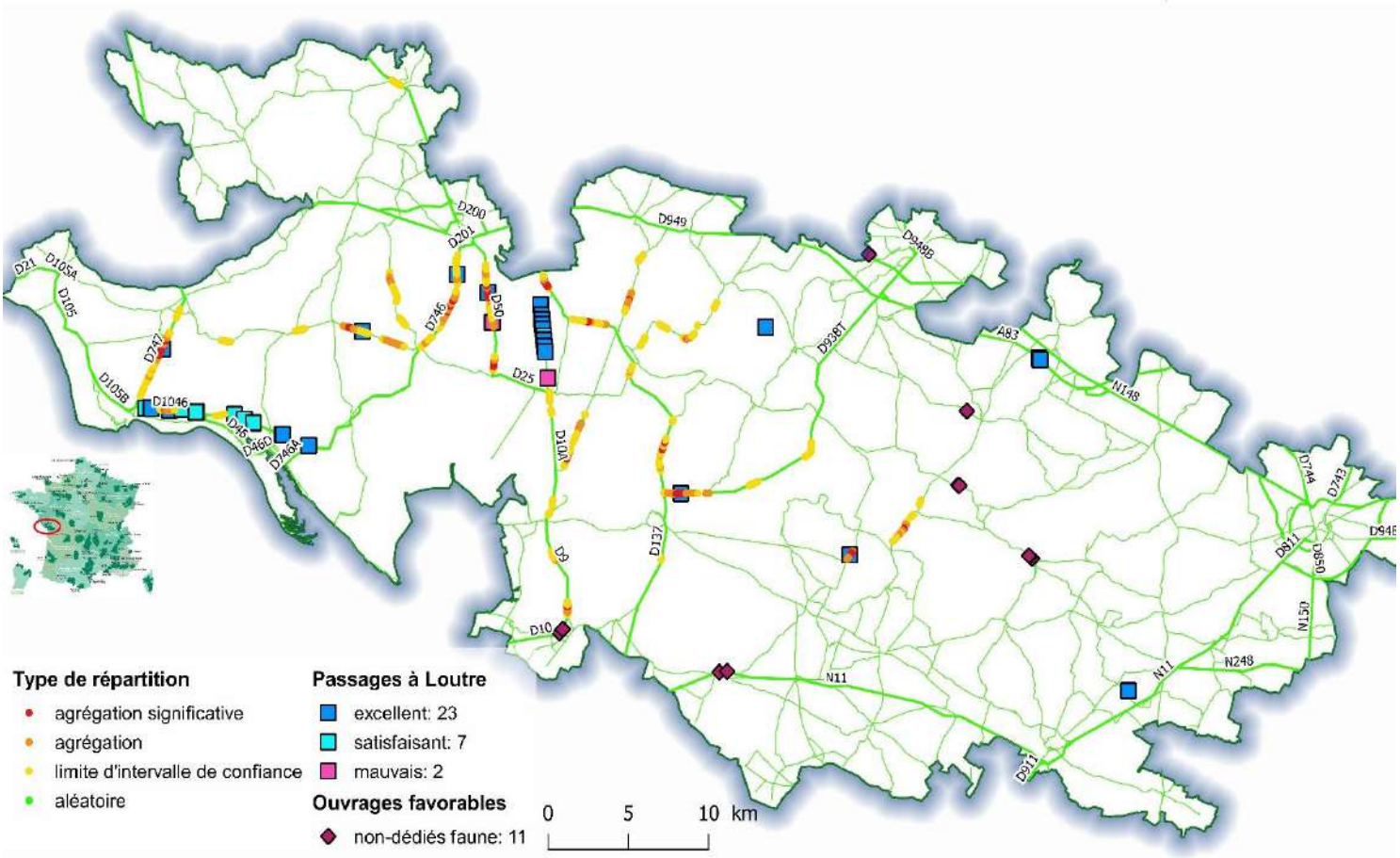


Figure 28. Carte d'analyse spatiale de la répartition des points de collision routière de la Loutre entre 1980 et début 2018 (Source: Antoine Cassel)

Le travail cartographique ci-dessus est donc le résultat de l'analyse spatiale réalisée avec le Logiciel SIRIEMA 2.0.

La carte d'analyse spatiale (Cf. **Figure 28**) définit la hiérarchisation des points de collision de la loutre en fonction de quatre types de répartition. Pour visualiser la carte complète (Cf. **Annexe 11**).

L'intérêt de ce travail est qu'il permet de visualiser de manière simplifiée la répartition des points de collision sur les tronçons routiers. C'est le cas en particulier des zones d'agrégation significative, figurant en rouge, correspondant à de véritables « hotspots » de mortalité. Ces zones sont donc fortement propices à l'installation de dispositifs spécialisés, tels que des passages à loutre. La confrontation avec les figurés correspondant aux passages à loutre permet de visualiser les points chauds ne bénéficiant pas de mesures compensatoires. Les points isolés de mortalité ne figurent pas sur cette carte car la fonction K n'est pas assez puissante avec de faibles échantillons. La répartition sur les tronçons figurant en vert est donc aléatoire.

La carte finale est sortie en 2000 dpi (résolution en fonction des points par pouce), permettant de zoomer sur n'importe quel point chaud et de visualiser les détails figurant sur le fond de carte IGN actualisé.

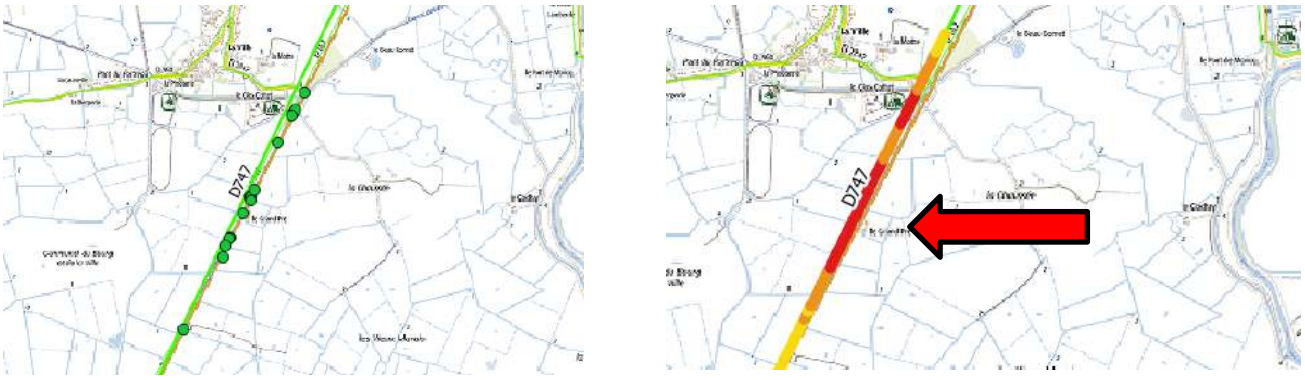


Figure 29. Exemple de l'analyse spatiale sur la D747, les points de collision standards (à gauche) et l'agrégation des points (à droite)

Sur la figure de gauche représentant un tronçon de la route D747, des points de mortalité semblent agrégés. La figure de droite montre le même tronçon après le traitement statistique du K de Ripley. La zone la plus longue (en rouge) semble être une zone d'intérêt pour la mise en place d'un passage à loutre (Cf. **Figure 29**). Ce même processus est réalisé pour chaque tronçon accidenté dont le nombre de données de mortalité est assez élevé pour être traité.

Voici quelques cas d'intérêt présentant une agrégation significative :

- **D746** (Les fontenelles, Triaize, Vendée) : 11 cas de mortalité, dont 7 depuis 2002.
- **D137** (La frétillerie, Moreilles, Vendée) : 8 cas de mortalité, dont 5 depuis 2010.
- **D137** (Le colombier, Moreilles, Vendée) : 10 cas de mortalité, dont 5 depuis 2005.
- **D137** (Le gros aubier, Marans, Charente-Maritime) : 10 cas de mortalité dont 5 depuis l'an 2000.

En plus des cas significatifs d'agrégation, les points de collision aléatoires sont intéressants à aborder au cas par cas. Les cas isolés de l'Est du Marais Poitevin, dans le marais mouillé, semblent être en constante augmentation ces dernières années (Cf. **Figure 27**).

Sont retenus quelques points isolés tels que :

- La **N11** (Le marais plat, Nuaillé-d'Aunis, Charente-Maritime) : Sur cette portion, un côté de l'ouvrage non-dédié faune (pont) n'est pas protégé par du grillage. Ce dispositif est dangereux et intervient dans 2 cas de mortalité depuis 2015.
- La **D611** (Charconnay, Saint-Symphorien, Deux-Sèvres) : 2 cas signalés depuis 2017. Le réseau hydraulique concerné est la Guirande, voie de circulation importante pour la Loutre d'Europe. Il est possible d'envisager que cette zone soit problématique à l'avenir. Une étude des ouvrages hydrauliques (non-dédiés faune) de la route a été réalisée et des aménagements sont à envisager.

4. Conclusion et perspectives

Entre 1980 et 1999, en moyenne 3 cas de mortalité sont observés par an contre 10 cas par an entre 2000 et 2018. Malgré un effort de prospection accru ces 20 dernières années, les données sont sous-estimées. L'hiver et l'Automne sont les deux saisons au cours desquelles 63,39% des collisions ont été observées. Autant de mâles que de femelles sont dénombrés sur un total de 140 individus sexés. La répartition du sexe en fonction de la saison n'est pas significative, à part en été où 2 fois plus de mâles sont recensés (19 cas) contre 8 femelles. La Vendée est le département le plus touché avec 72,57% des cas. Marans, Triaize, Angles et Champagné-les-Marais sont les 4 communes qui cumulent à elles seules 40% des données de mortalité. La route D137 contient à elle seule près de 18,18% des cas.

Les tests statistiques sur 3 variables choisies montrent une corrélation certaine avec la répartition spatiale des points de collision. Les communes les plus exposées sont celles qui possèdent le plus grand réseau hydraulique (coefficient de Pearson = 0,89). Les routes les plus accidentés ont les plus grands nombres de coupures hydrauliques (coefficient de Pearson = 0,70) ainsi qu'un Total Moyen Journalier Annuel de véhicules très élevé, malgré un faible degré d'explication pour ce dernier. La vitesse est toujours strictement la même (90 km/h) mais la nouvelle réglementation ne peut qu'être bénéfique à l'espèce comme à de nombreuses autres espèces.

Le biais du traitement statistique réside dans l'interprétation, le calcul et la provenance des données. D'autres variables peuvent être étudiées (l'agrégation des coupures hydrauliques le long du réseau routier, les densités ou les masses d'eau, la densité du réseau routier etc…). Il est fortement possible qu'en fonction de l'entité géographique étudiée, ces variables explicatives n'aient pas le même « poids » et la même répartition statistique.

Réduire les cas de collisions routières de la loutre se fait en sécurisant de manière ciblée ses corridors de déplacement. Le travail cartographique permet de mettre en évidence les points chauds de mortalité (agrégation significative), propices à l'installation ciblée d'ouvrages spécialisés (*Billon et al, 2015*).

C'est un support préliminaire devant mener à une étude de faisabilité sur les tronçons les plus accidentogènes car les travaux d'aménagement ne sont pas toujours possibles en fonction de la configuration du réseau routier et des réseaux enterrés (gaz, eau etc…).

Cette carte est avant tout qualitative, il est nécessaire de la croiser avec la carte standardisée des points de collision, afin de pouvoir estimer le nombre de cas et leur répartition temporelle le long d'un tronçon précis. Certains « hotposts » ont été évoqués, mais il est aussi important de continuer à suivre au cas par cas l'évolution des points isolés à l'Est du Marais poitevin, sur la Guirande notamment.

Les résultats sont obtenus avec SIRIEMA 2.0 et la fonction K de Ripley qui permet d'analyser la répartition spatiale des collisions. Le rendu cartographique semble concordant avec la disposition des points sur une carte standard. Ce travail est à interpréter avec précaution, en prenant en compte que la puissance de la fonction K diminue en dessous d'un certain nombre d'échantillons.

Enfin, il faut compter sur le réaménagement de quelques passages à loutre jugés satisfaisants ou non-fonctionnels lors d'une étude de fonctionnalité réalisée en 2018. Le guide technique des ouvrages favorables à la loutre prend aussi en compte quelques ouvrages non-dédiés faune lors d'un premier inventaire en 2018. Il serait intéressant de continuer cet inventaire afin d'améliorer les connaissances sur ces ouvrages. D'autres ouvrages non-dédiés faune sont à l'origine de collisions à l'Est du Marais poitevin, il faut envisager des aménagements à venir sur certains d'entre eux.

Mettre en place une collaboration avec les Services routiers départementaux favoriserait la transmission des données de mortalité de la Loutre d'Europe, sur la base d'une méthodologie commune aux trois départements. Il est fortement possible que des données soient manquées chaque année dans le Marais poitevin.

5. Bibliographie

[1]
C. Bouchardy, « « Val d'Allier : Pont-du-Château - Jumeaux – Alagnon » FR 8301038 », p. 42, 2000.

[2]
« Bouchardy - 2000 - « Val d'Allier Pont-du-Château - Jumeaux – Alagn.pdf ». .

[3]
« 131219_loutre_europe_fev2012.pdf ». .

[4]
« anguillesMP.pdf ». .

[5]
« Annexe017_1 - Comptages routiers_Annexe 17.1 CG Charente Maritime carte_comptage_routiers 2015.pdf ». .

[6]
« Carte-Sud Vendée-Comptages.pdf ». .

[7]
« dep17.pdf ». .

[8]
« dep79.pdf ». .

[9]
« dep85.pdf ». .

[10]
G. Conruyt-Rogeon et X. Girardet, « Identification des points de conflits entre la faune et les routes. Méthode d'observation des collisions par les agents des routes. Retour d'expérience sur le réseau de la DIR Est en Franche-Comté », p. 76.

[11]
« Conruyt-Rogeon et Girardet - Identification des points de conflits entre la fau.pdf ». .

[12]
P. Renaud, « La Loutre d'Europe, Lutra lutra (Linnaeus, 1758) », p. 5.

[13]
« Renaud - La Loutre d'Europe, Lutra lutra (Linnaeus, 1758).pdf ». .

[14]
« LLafontaine_La_Loutre_et_la_Route_DRAE_1991.pdf ». .

[15]
C. K. PHILCOX, A. L. GROGAN, et D. W. MACDONALD, « Patterns of otter Lutra lutra road mortality in Britain », p. 15, 1999.

[16]
« PHILCOX et al. - 1999 - Patterns of otter Lutra lutra road mortality in Br.pdf ». .

[17]
« PNALoutre.pdf ». .

[18]
L. BILLON, « Programmes d'étude et récoltes de données sur les collisions Faune/véhicules en France métropolitaine », p. 29, 2014.

[19]
« BILLON - 2014 - Programmes d'étude et récoltes de données sur les .pdf ». .

[20]
« Simonnet2007BilanRouteLoutre.pdf ». .

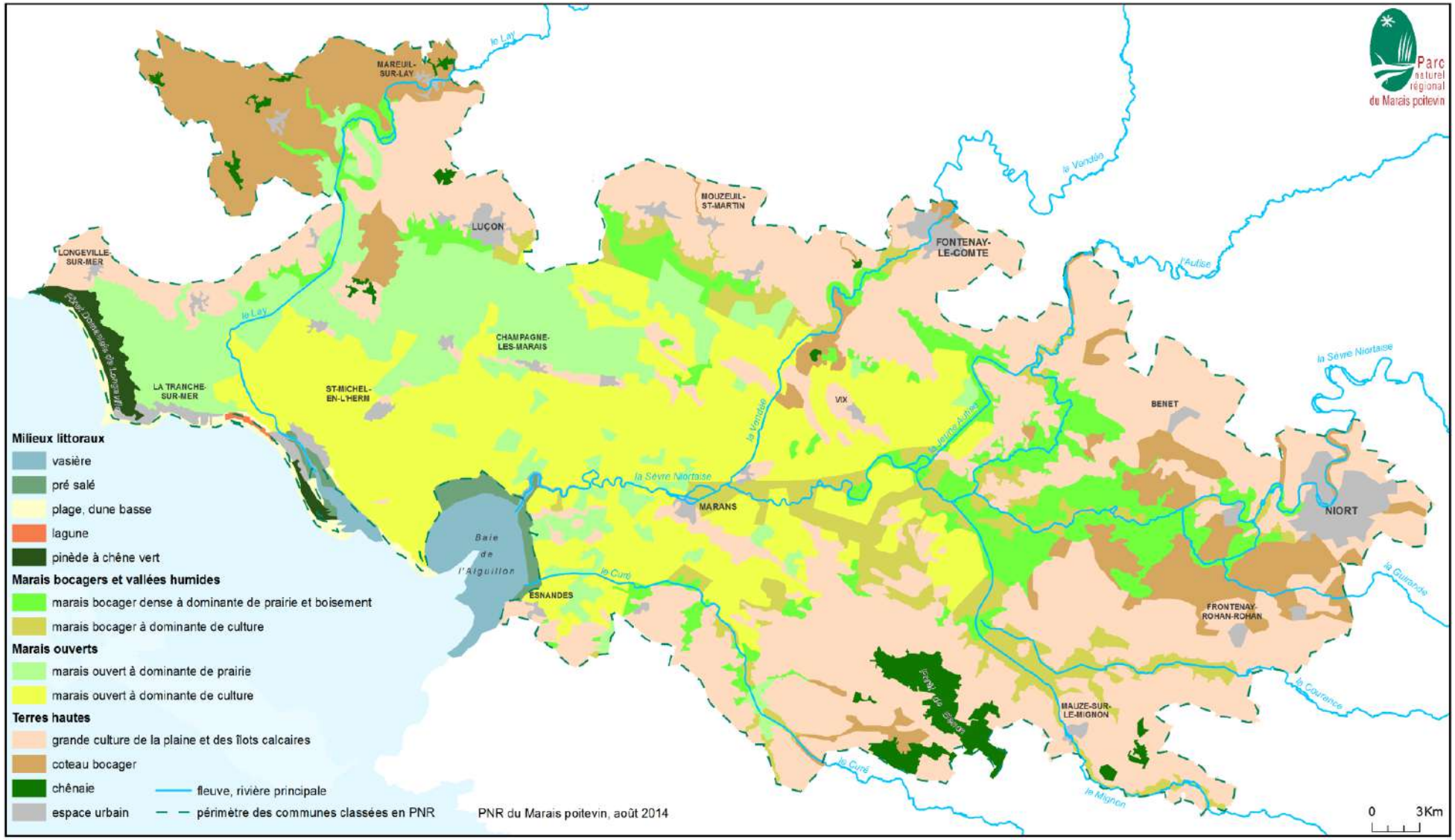
[21]
« SIRIEMA_2.0_Manual_Port.pdf ». .

[22]
« SPN 2015 - 55 - SPN_55_2015_guide_analyse_collisions.pdf ». .

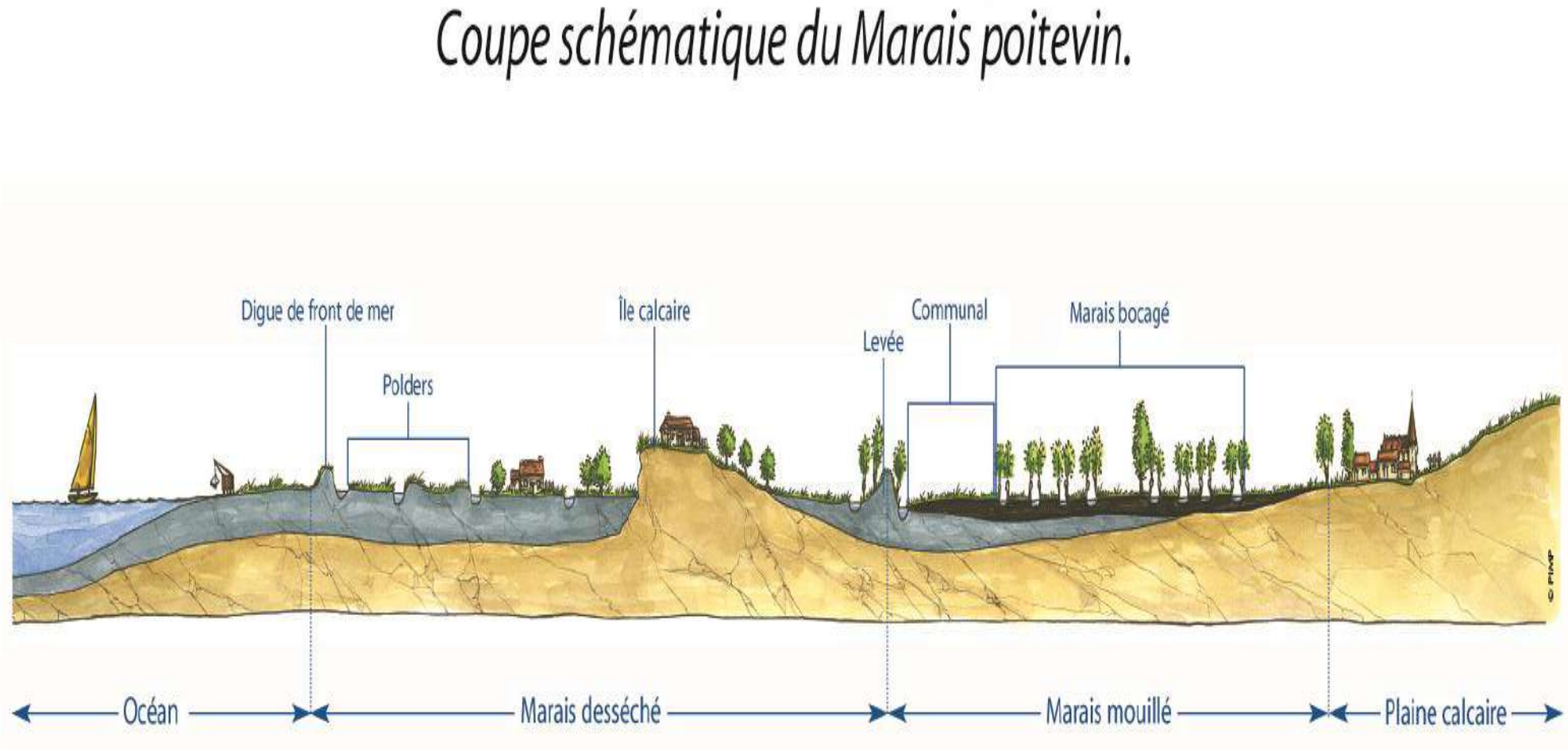
6. ANNEXES

6.1. Annexe 1 : Les unités éco-paysagères du Marais poitevin

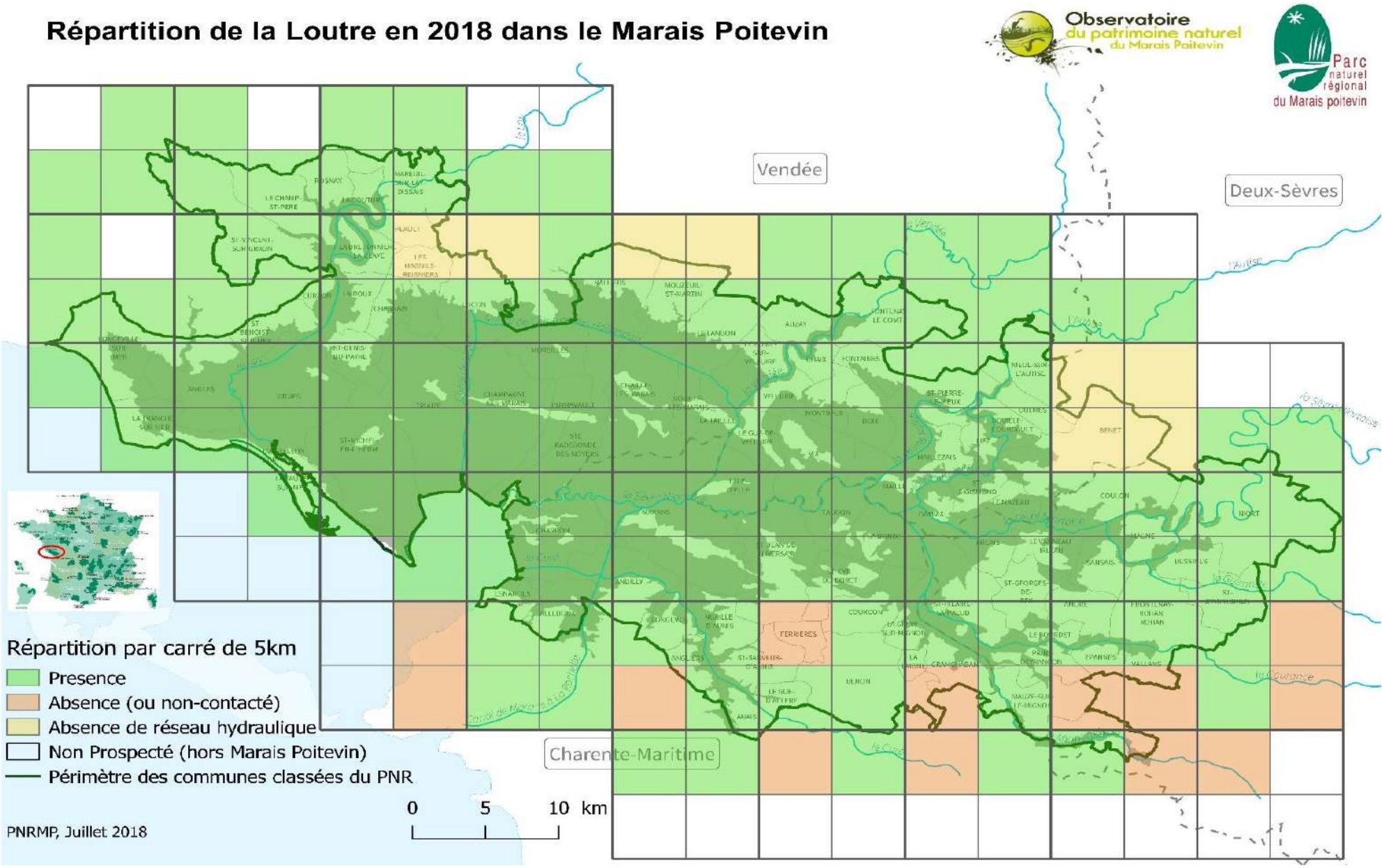
Unités écologiques et paysagères dans le Marais poitevin



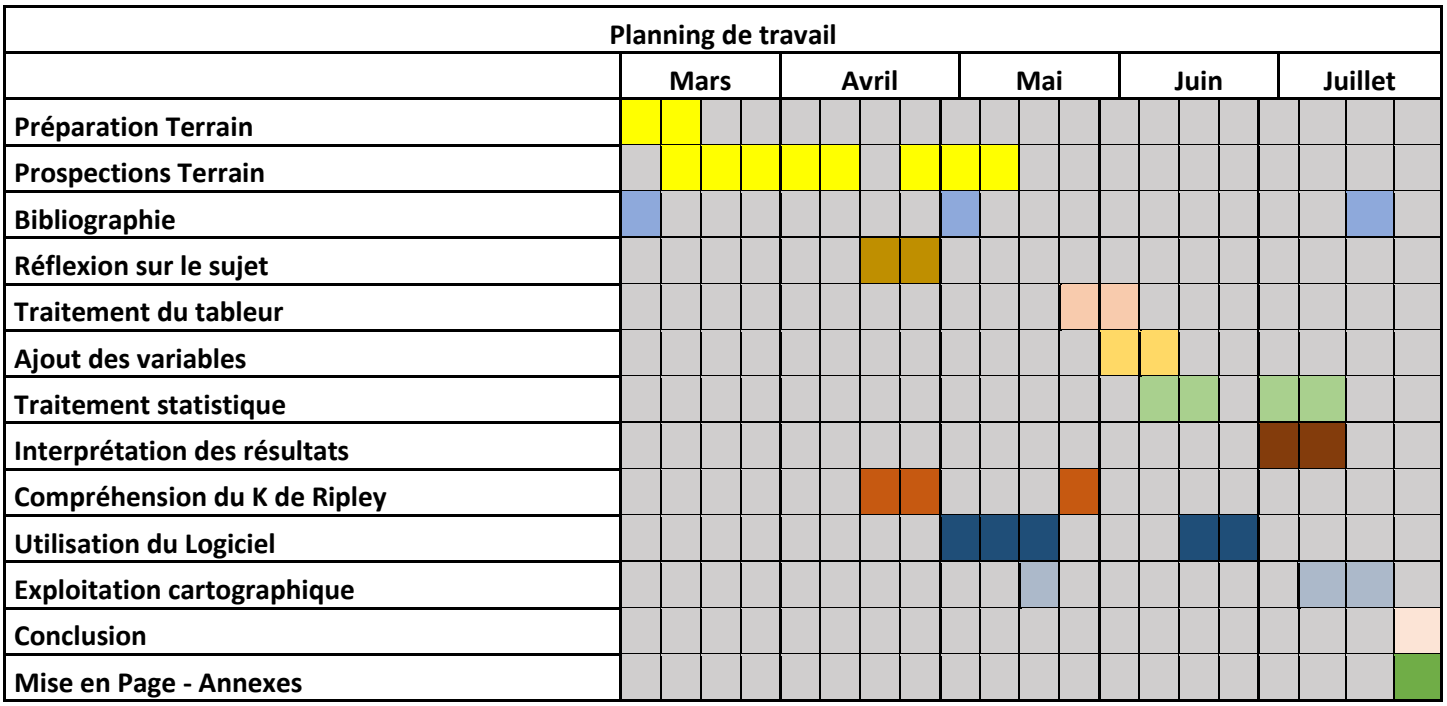
6.2. Annexe 2 : Description des unités écologiques



6.3. Annexe 3 : Répartition de la Loutre dans le Marais Poitevin en 2018



6.4. Annexe 4 : Calendrier du stage



6.5. Annexe 5 : Arrêté ministériel

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTERE DE L'ECOLOGIE, DU DEVELOPPEMENT DURABLE ET DE L'ENERGIE

ARRETE PORTANT DEROGATION A LA PROTECTION STRICTE DES ESPECES

La Ministre de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie,

Vu le livre IV du code de l'environnement et notamment ses articles L. 411-1 et suivants, et R. 411-1 à R. 411-14 ;

Vu l'arrêté du 9 juillet 1999 modifié fixant la liste des espèces de vertébrés protégées menacées d'extinction en France et dont l'aire de répartition excède le territoire d'un département ;
Vu l'arrêté du 19 février 2007 modifié fixant les conditions de demande et d'instruction des dérogations définies au 4° de l'article L. 411-2 du code de l'environnement portant sur des espèces de faune et de flore sauvages protégées ;
Vu l'arrêté du 23 avril 2007 modifié fixant la liste des mammifères terrestres protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection ;

Vu la demande de dérogation aux interdictions de capture, de prélèvement, de collecte, d'enlèvement, de transport de cadavres et tissus de Loutre d'Europe en application des articles L. 411-1 et L. 411-2 du code de l'environnement reçue le 22 avril 2014, déposée par Monsieur Xavier Baron, travaillant au Parc naturel régional du Marais poitevin, n°2 rue de l'Église, 79510 Coulon ;

Vu l'avis de la Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement (DREAL) des Pays de la Loire en date du 16 avril 2015 ;

Vu l'avis du Conseil National de Protection de la Nature (CNPN) n°2015-04-17-00364 en date du 18 mai 2015 ;

Vu le plan national d'actions (PNA) conduit en faveur de la loutre d'Europe sur la période 2010-2015 ;

Considérant le bien-fondé de la présente demande de dérogation de Xavier Baron à caractère scientifique, visant la conservation des populations de loutre d'Europe dans le département de la Vendée ;

Considérant les études écotoxicologiques et génétiques menées sur la loutre d'Europe dans le cadre de la déclinaison régionale du PNA conduit en faveur de cette espèce ;

Considérant l'intérêt de cette demande pour l'identification des lieux de collisions routières impliquant la loutre d'Europe dans le cadre du PNA conduit en faveur de cette espèce d'une part et dans le cadre du Schéma régional de cohérence écologique (SRCE) d'autre part ;

Considérant que le pétitionnaire présente toutes les qualités requises pour effectuer les opérations de prélèvement de cadavres de loutre et/ou de tissus sur cadavres de loutre conformément au protocole de prélèvement de la Société française d'études et de protection des mammifères (SFEPM) daté d'août 2013, et leur transport vers les établissements réalisant ces études scientifiques ;

Considérant que le pétitionnaire fait partie du réseau de collecteurs animé par la coordination régionale de la Ligue pour la protection des oiseaux, animateur du PNA conduit en faveur de la loutre d'Europe en région des Pays de la Loire,

ARRETE

Article 1 : Identité du bénéficiaire

Monsieur Xavier Baron, membre du réseau de collecte et de valorisation de cadavres de loutres pour des études génétiques et la recherche d'épizooties et autres cas de mortalité, travaillant au Parc naturel régional du Marais poitevin, n°2 rue de l'Église, 79510 Coulon, est autorisé à pratiquer les opérations décrites par le présent arrêté.

Article 2 : Nature de la dérogation ministérielle

Monsieur Xavier Baron est autorisé à collecter, prélever, enlever, transporter et détenir temporairement des cadavres, parties de cadavres et tissus issus de spécimens morts de loutre d'Europe *Lutra lutra* rencontrés sur le territoire du département de la Vendée.

Ces opérations sont autorisées dans le cadre :
- d'une part d'études écotoxicologiques et génétiques menées sur la loutre d'Europe ;
- d'autre part de l'identification des lieux de collisions routières impliquant la loutre d'Europe ;
ces opérations étant prévues dans le plan national d'actions (PNA) conduit en faveur de la loutre d'Europe.

Article 3 : Conditions de la dérogation ministérielle

L'espèce *Lutra lutra* bénéficiant d'un PNA, le bénéficiaire de la présente dérogation veillera à tenir compte de la meilleure façon possible des orientations stratégiques et des programmes d'actions inscrits dans le PNA conduit en faveur de la loutre. Il veillera à respecter les protocoles définis dans ce PNA.

Les animaux morts enlevés, les parties de cadavres et/ou les tissus prélevés sont transportés et détenus temporairement par le bénéficiaire de la présente dérogation dans l'attente de leur acheminement vers d'autres établissements autorisés à détenir la loutre d'Europe et réalisant des études scientifiques sur l'espèce. Le cas échéant, leur transport par le bénéficiaire de la présente dérogation est autorisé sur l'ensemble du territoire national en vue de leur acheminement vers ces établissements.

Article 4 : Information

Une copie du présent arrêté sera notifiée à Monsieur Xavier Baron, à la Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement des Pays de la Loire, à la Direction départementale des territoires et de la mer de la Vendée et à la Délégation régionale de l'Office national de la chasse et de la faune sauvage.

Article 5 : Comptes-rendus d'activités et rapport final

Un compte-rendu annuel des opérations, incluant une version pdf et une base de données précisant les points de collecte et les dates, conformément au format annexé au présent arrêté, est adressé au cours du premier semestre de l'année suivante à la Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement des Pays de la Loire, à la Direction départementale des territoires et de la mer de la Vendée et à la coordination régionale de la Ligue pour la protection des oiseaux (LPO) en tant qu'animateur régional du PNA conduit en faveur de la loutre d'Europe. A l'issue des opérations ayant justifié la présente dérogation, le bénéficiaire de la présente dérogation adressera un rapport final au CNPN.
Ce rapport peut être réalisé annuellement par la LPO de manière coordonnée avec l'ensemble des bénéficiaires de la présente dérogation à l'échelle régionale.

Article 6 : Durée de la dérogation ministérielle

La présente dérogation est valable jusqu'au 31 décembre 2019.

Article 7 : Droits de recours

Les droits des tiers sont et demeurent expressément réservés.
Le présent arrêté peut faire l'objet d'un recours par le bénéficiaire, dans un délai de deux mois à compter de sa notification, devant la juridiction compétente.

Article 8 : Exécution

Le Directeur de l'eau et de la biodiversité est chargé de l'application du présent arrêté, qui sera publié aux recueils des actes administratifs de la préfecture du département de la Vendée.

Fait le 23 OCT 2015

La ministre de l'écologie,
du développement durable,
et de l'énergie
Pour la ministre et par délégation
Le directeur de l'eau et de la biodiversité

François MITTEAULT

6.6.Annexe 6 : Protocole de collecte de la SFEPM

VALORISATION DES SPECIMENS DE LOUTRE DECOUVERTS MORTS DANS LE CADRE DU PLAN NATIONAL D'ACTIONS EN FAVEUR DE LA LOUTRE D'EUROPE 2010-2015

Propositions de recueil d'informations et de prélèvements - août 2013

Le Plan National d'Actions (PNA) en faveur de la Loutre d'Europe prévoit la mise en place d'un réseau pour la collecte et la valorisation des loutres trouvées mortes et l'étude des risques sanitaires encourus par l'espèce.

La présente proposition fait suite aux différentes réunions du groupe de travail sur la valorisation des spécimens de Loutre découverts morts, créé dans le cadre du PNA Loutre. L'objectif est de structurer une gestion adaptée des cadavres de Loutre, en évitant des stockages de longue durée des cadavres sans utilisation ultérieure, tout en répondant *a minima* à des objectifs simples de suivi et de conservation de l'espèce, *a minima* pour la durée du plan.

Le groupe s'est accordé sur les principes suivants :

1. Relever un minimum d'informations pour le PNA Loutre (niveau 1 d'investigations = tronc commun minimal de relevé d'informations).
2. Réaliser des niveaux d'investigation supplémentaires (niveaux 2 et 3) en fonction des stratégies régionales, des informations déjà acquises sur l'espèce, de la densité de la population de loutres, de la structuration locale du réseau Loutre, ou de la mise en place d'études plus spécifiques.

NIVEAU 1 = TRONC COMMUN D'INFORMATIONS (= COMMEMORATIFS + BANQUE DE PRELEVEMENTS GENETIQUE)

Objectifs : Constituer une base de données SIG nationale précise des découvertes de cadavres de loutres attestés (notamment pour le recensement des points noirs de collision routière) et une banque de prélèvements génétiques, tout en évitant les doublons. Ce protocole sera à appliquer **sur toutes les loutres trouvées mortes.**

Ce recueil d'information permettra d'identifier et de suivre l'évolution des points noirs de collisions routières (principale cause de mortalité de la Loutre en France), d'adapter les plans de réhabilitation des franchissements à risque pour l'espèce et d'évaluer le niveau de réhabilitation pour chaque département ou région.

La collecte d'un prélèvement génétique est simple à réaliser. Elle permettra de constituer une banque de prélèvements pouvant être mise à disposition de la communauté scientifique pour suivre les échanges populationnels entre régions ou pour contribuer plus largement, à l'échelle européenne, à des travaux sur la phylogéographie de la Loutre.

Ce niveau sera animé par l'opérateur national du PNA Loutre qui gérera la centralisation nationale des données et des prélèvements. Les modalités de centralisation régionale des données et des prélèvements devront être définies en région. Pour l'exploitation des prélèvements, les conditions de mise à disposition, d'exploitation et de valorisation (modalités de signature des articles scientifiques) devront faire l'objet d'un cadrage partagé défini dans le cadre du plan (via la signature de conventions notamment).

Pour chaque région :

- **un centralisateur des informations recueillies devra être désigné.**
- **une liste des lieux de stockage des prélèvements et des membres du réseau de collecte (personnes disposant d'une autorisation de transport, de prélèvement et/ou de stockage réglementaire ; article L411-2 du code de l'environnement) devra être établie et transmise à l'animateur national du PNA.**

Informations à recueillir lors de la découverte du cadavre (*Cf fiche ci-dessous*) :

1. Localisation précise du cadavre (carte IGN ou coordonnées GPS).
2. Photo et si possible sexage.
3. Réalisation d'un prélèvement génétique (= 0,5 cm^2 d'oreille ou de peau ou 1 cm^3 de langue ou de muscle), en double exemplaire, à conserver dans des tubes à prélèvement (cryotubes) de 2 ml dans de l'éthanol à 90° ou 95° (minimum 70°) non dénaturé, à référencer, puis à mettre au réfrigérateur ou au congélateur (pour limiter les risques d'évaporation).
4. Noter toute observation particulière (doigts coupés, cicatrices…).

Le cadavre n'est pas collecté, il est laissé sur place, poussé sur le bas-côté, puis camouflé avec de la végétation.

Toutefois, en cas de suspicion de cause de mortalité autre qu'une collision routière, il est pertinent de collecter le cadavre, et d'appliquer le niveau 2 d'investigations. Ce niveau n'est applicable que si le réseau de collecte, de stockage et d'analyse des spécimens est structuré.

Pour l'ensemble des manipulations de cadavres, il est conseillé de porter des gants. Les sacs ou récipients utilisés pour le transport devront être étanches et solides.

VALORISATION DES CADAVRES DE LOUTRES – NIVEAU 1 **FICHE DE COMMEMORATIFS – SPECIMENS DE LOUTRE**	
N° de l'animal	LLU_AnnéeMoisJour_ Code INSEE commune_N°d'ordre pour le jour
Date de la découverte	
Lieu de la découverte : ***(Joindre une carte si possible)***	Commune : Département : Route et cours d'eau interceptés : Coordonnées GPS en WGS84, sinon préciser le système géodésique : X : Y :
Circonstances de la découverte, localisation du cadavre dans son environnement proche et position du cadavre	
Réalisation de photos (à joindre)	NON ☐ OUI ☐ Nombre :
Sexe de l'animal et critères de détermination	Indéterminé ☐ Mâle-Os pénien ☐ Mâle-Testicules ☐ Femelle-Vulve ☐ Femelle-tétines allaitantes ☐ Autre critère :
Nom et coordonnées du découvreur	Nom : Organisme : Téléphone/Mobile : Courriel :
Nom et coordonnées de la personne ayant fait le prélèvement et les photos, si différente du découvreur	Nom : Organisme : Téléphone/Mobile : Courriel :
Nom et coordonnées de la personne transmettant l'information, si différente du découvreur.	Nom : Organisme : Téléphone/Mobile : Courriel :
PRELEVEMENT GENETIQUE **(≅0,5 cm² ou 1 cm³)** ***Conservation dans l'éthanol non dénaturé à minimum 70° puis réfrigérateur ou congélateur***	Morceau d'oreille ≈ 0,5x0,5 cm ☐ *OU* Lambeau de peau ≈ 0,5x0,5 cm ☐ *OU* Morceau de muscle ≈ 1 cm³ ☐ *OU* Morceau de langue ≈ 1 cm³ ☐ Autre : NON ☐ Expliquer pourquoi :.....

Cause de mortalité suspectée	Collision routière ☐ Autre :..... ..... **Si suspicion d'une cause de mortalité autre qu'une collision routière, collecter le cadavre et appliquer si possible le niveau 2 d'investigations**
Cadavre collecté	NON ☐ OUI ☐ Transporté par : Organisme :
Lieu de stockage du cadavre	Organisme : Personne référente : Téléphone/Mobile : Courriel : Date de dépôt du cadavre :
En cas de collecte du spécimen, faire une copie de la fiche de commémoratifs, la disposer dans une pochette plastique et étanche à l'intérieur du sac contenant le spécimen	

NIVEAU 2 = AUTOPSIE DETERMINANT LA CAUSE DE MORTALITE + PRELEVEMENTS BIOLOGIQUES ET SANITAIRES

Objectifs : Confirmer ou déterminer la cause de mortalité, réaliser des prélèvements sanitaires et conservatoires en vue d'études ultérieures permettant le suivi des risques aigus pour les populations et suivre le statut reproducteur des femelles à ce jour totalement méconnu en France (taille et nombre de portées, âge moyen des femelles reproductrices…).

Ce niveau 2 vise à :

1. Réaliser un suivi local plus fin des causes de mortalité et de leur fréquence respective, pour proposer des mesures visant à les réduire ou les supprimer.

2. Constituer une banque de prélèvements pour la surveillance de facteurs sanitaires à impact potentiellement aigu pour l'espèce. Ceci permettra de mener d'éventuelles études rétrospectives (permet d'avoir un état « zéro » antérieur si apparition d'un problème sanitaire). Il s'agit du suivi de :

   a) la Maladie de Carré : cette pathologie virale majeure est actuellement considérée comme ré-émergente chez de nombreux carnivores sauvages sur l'ensemble des continents, et est susceptible de provoquer d'importantes mortalités chez les carnivores sauvages et domestiques (chiens) en cas d'épizootie. Les mustélidés sont connus pour être particulièrement sensibles à cette pathologie, qui est fortement suspectée d'être une cause majeure de régression d'une importante population de Vison d'Europe en Navarre. Or à l'heure actuelle un suivi de cette pathologie chez la Loutre n'a encore jamais été réalisé et l'augmentation des densités de Loutre l'expose fortement à l'apparition d'une éventuelle épizootie sur le territoire.

b) l'exposition aux anticoagulants (Bromadiolone + 8 autres molécules). Très peu de données existent actuellement sur l'exposition des loutres aux anticoagulants utilisés pour la lutte contre les rongeurs. Ce suivi permettrait une étude comparative entre les régions et les pratiques.

3. Relever des paramètres de dynamique des populations par analyse des tractus génitaux (recherche d'ampoules fœtales ou de cicatrices placentaires), et détermination de l'âge à partir des dents (coupes dentaires). Il s'agit davantage d'une étude fondamentale qui permettrait à terme de comparer certains paramètres de dynamique des populations entre régions présentant des statuts différents (Loutre abondante/Loutre en phase de colonisation).

Pour ce niveau 2, un plan d'échantillonnage des prélèvements est proposé pour la durée du plan (5 années) : **10 mâles et 20 femelles par département**.

Une fois l'échantillonnage atteint, ou en cas de moyens insuffisants pour poursuivre le niveau 2, repasser au niveau 1.

Informations à recueillir (*Cf fiche ci-dessous*) et récapitulatifs des prélèvements :

- Mâchoire inférieure,
- Tractus génital femelle complet,
- Rate,
- Foie,
- Rein,
- Poumon,
- Encéphale.

Les autopsies seront succinctes pour tous les cadavres collectés en bordure de route. Il s'agira de confirmer la cause traumatique routière et de réaliser les prélèvements en ciblant pour les organes vitaux prélevés, les animaux les plus frais si le nombre de cadavres collectés est suffisant.

Pour tous ceux découverts dans le milieu naturel (hors routes), l'autopsie devra être minutieuse pour permettre de diagnostiquer les causes de la mort.

Une fois les autopsies réalisées, les cadavres seront éliminés par l'équarrissage.

Pour ce niveau, la structuration des réseaux concernés devra prévoir :

- **la centralisation des spécimens et des données,**
- **la réalisation régulière des autopsies par des personnes compétentes (tous les 5 à 10 cadavres par exemple),**
- **la conservation des prélèvements,**

- **et l'élimination des cadavres autopsiés (équarrissage).**

En fonction des possibilités de mise en place dans chaque région, il semble opportun d'envisager une session de formation de l'ensemble des intervenants amenés à réaliser les autopsies pour cadrer les modalités de réalisation, de recueil des informations et les différentes conduites à tenir. Les modalités d'organisation de ces formations devront être validées dans le cadre du PNA.

Les analyses (Maladie de Carré et anticoagulants) devraient être centralisées au niveau national pour permettre leur uniformisation et éviter les disparités liées aux techniques des laboratoires.

Une programmation financière est à envisager pour la constitution et la structuration du réseau régional et national d'autopsie et d'analyses des cadavres de loutres.

VALORISATION DES CADAVRES DE LOUTRES – NIVEAU 2 **FICHE COMPLEMENTAIRE DE LA FICHE NIVEAU 1 - SPECIMENS DE LOUTRE**	
N° de l'animal	LLU_AnnéeMoisJour_ Code INSEE commune_N°d'ordre pour le jour
Rappel : SEXAGE ET PRELEVEMENT GENETIQUE REALISES LORS DU NIVEAU 1	
DONNEES BIOMETRIQUES ET STATUT REPRODUCTEUR	
Poids (g)	
Longueur du corps (cm) *(animal sur le dos, museau à l'anus avec une règle rigide)*	
Longueur de la queue (cm) *(animal sur le dos, anus à la dernière vertèbre caudale avec une règle rigide)*	
Longueur totale (cm) *(animal sur le dos, museau à la dernière vertèbre caudale avec une règle rigide)*	
Longueur du pied G (mm) *(en extension du talon au bout des phalanges avec un pied à coulisse)*	
Longueur de la tête (en mm) *(Occiput- museau avec un pied à coulisse)*	
Examen des mamelles	Lactation : OUI ☐ NON ☐ Tétines tirées : OUI ☐ NON ☐
Examen de la vulve	
Examen du pénis et des testicules	Testicules apparents : OUI ☐ NON ☐ PARTIELS ☐

ELEMENTS DIAGNOSTIQUES SUR LA CAUSE DE MORTALITE	
Lésions des téguments et phanères	
Lésions sous-cutanées	
Lésions squelettiques	
Lésions abdominales	
Lésions thoraciques	
Lésions de la tête et du cou	
Autre	
Cause(s) de mortalité suspectée(s)	
REALISATION DE PRELEVEMENTS SANITAIRES ET EN VUE D'UNE UTILISATION ULTERIEURE	
AGE : Mâchoire inférieure (Canines) ***Congélation dans aluminium***	OUI ☐ NON ☐
Maladie de Carré *(Si possible, prélever tous les organes cités ci-contre et les pooler – Prélèvements de 2cm x 2cm)* ***Congélation dans petit sachet plastique***	Poumon : OUI ☐ NON ☐ Foie : OUI ☐ NON ☐ Rein : OUI ☐ NON ☐ Encéphale : OUI ☐ NON ☐
Analyses AVK anticoagulants ***Congélation dans petit sachet plastique***	Foie (2cm x 2cm) : OUI ☐ NON ☐
Tractus génital (vagin + utérus + ovaires) ***Congélation dans flacon de prélèvement rempli d'eau du robinet***	OUI ☐ NON ☐

Prélèvements à conserver Etudes sanitaires rétrospectives si besoin. *(Si possible, prélever tous les organes cités ci-contre et les pooler – Prélèvements de 2cm x 2cm)* ***Congélation dans petit sachet plastique***	Poumon : OUI ☐ NON ☐ Rate : OUI ☐ NON ☐ Foie : OUI ☐ NON ☐ Rein : OUI ☐ NON ☐

NIVEAU 3 = AUTOPSIE COMPLETE ET DETAILLEE AVEC PRELEVEMENTS COMPLEMENTAIRES

Objectifs : Ce niveau consiste à réaliser une autopsie complète et détaillée de l'animal et à effectuer des prélèvements complémentaires qui seront valorisés dans le cadre d'études spécifiques ou qui seront stockés et mis à disposition de la communauté scientifique pour d'éventuelles études futures.

Compte tenu des connaissances actuelles sur l'espèce, ce niveau n'est pas envisagé dans le cadre du PNA Loutre. Seuls quelques cas à l'échelle nationale présentant des lésions particulières pourraient faire l'objet de prélèvements complémentaires.

En revanche, si une structure est en capacité de mobiliser des moyens techniques ou financiers n'entrant pas en concurrence avec ceux du plan, ces investigations fines peuvent être menées dès lors que les prélèvements requis par le plan sont assurés (niveau 2).

Quelque soit le type d'étude, une information et une centralisation des données auprès du PNA Loutre devront être réalisées.

*Ci-dessous, pour information, une liste **NON exhaustive susceptible d'être complétée** de prélèvements possibles ainsi que leurs modes de conditionnement.*

VALORISATION DES CADAVRES DE LOUTRES – NIVEAU 3 **PRELEVEMENTS ET CONDITIONNEMENT DES PRELEVEMENTS SELON LES OBJECTIFS**	
Etudes anatomopathologiques : recherche de lésions microscopiques ou annexes à la cause directe de mortalité ***Placer les fragments d'organes dans du Formol tamponné ou du fixateur type « Excell Plus »***	Rate Foie Pancréas Reins Surrénales Muqueuse urinaire Ganglions mésentériques Muqueuses intestinale et stomacale Poumons Cœur Muscles Encéphale

Parasitologie ***Placer les organes complets (si possible) dans un papier aluminium et les regrouper dans un sachet – Congélation.*** ***(Ou dans flacons avec alcool à 70°)***	Tube digestif complet Foie Rein Vessie Poumons Trachée Cœur Boite crânienne
Prévalence des calculs rénaux ***Congélation***	Reins. Prélever les deux reins pour analyses ultérieures. OU réaliser 4 à 5 coupes longitudinales afin d'observer chaque lobe et prélever les éventuels calculs rénaux observés. Faire en parallèle un prélèvement anatomo-pathologique.
Analyses écotoxicologiques ***Congélation dans sachet plastique (éviter le papier aluminium)***	Foie Rein Graisse
Suivi sanitaire de la Leptospirose ***Congélation***	Urine (dans un flacon) Rein

Contacts :

Rachel Kuhn
Animatrice du PNA Loutre
SFEPM
c/o Muséum d'Histoire Naturelle
18 000 Bourges
Tél : 02 48 70 40 03
Courriel : loutre.sfepm@yahoo.fr

Véronique Barthélemy
Chargée de mission PNA
Service Valorisation, Evaluation des Ressources et du Patrimoine Naturel
DREAL Limousin
22, rue des Pénitents Blancs
CS 53218
87032 LIMOGES CEDEX 1
Tél : 05 55 12 96 19
Courriel : veronique.barthelemy@developpement-durable.gouv.fr

Document rédigé par Pascal FOURNIER (GREGE), vétérinaire et biologiste, membre du groupe de travail sur la collecte et la valorisation des cadavres de loutres et amendé suite aux remarques du groupe de travail, du comité de pilotage du PNA Loutre et du Groupe Loutre de la SFEPM.

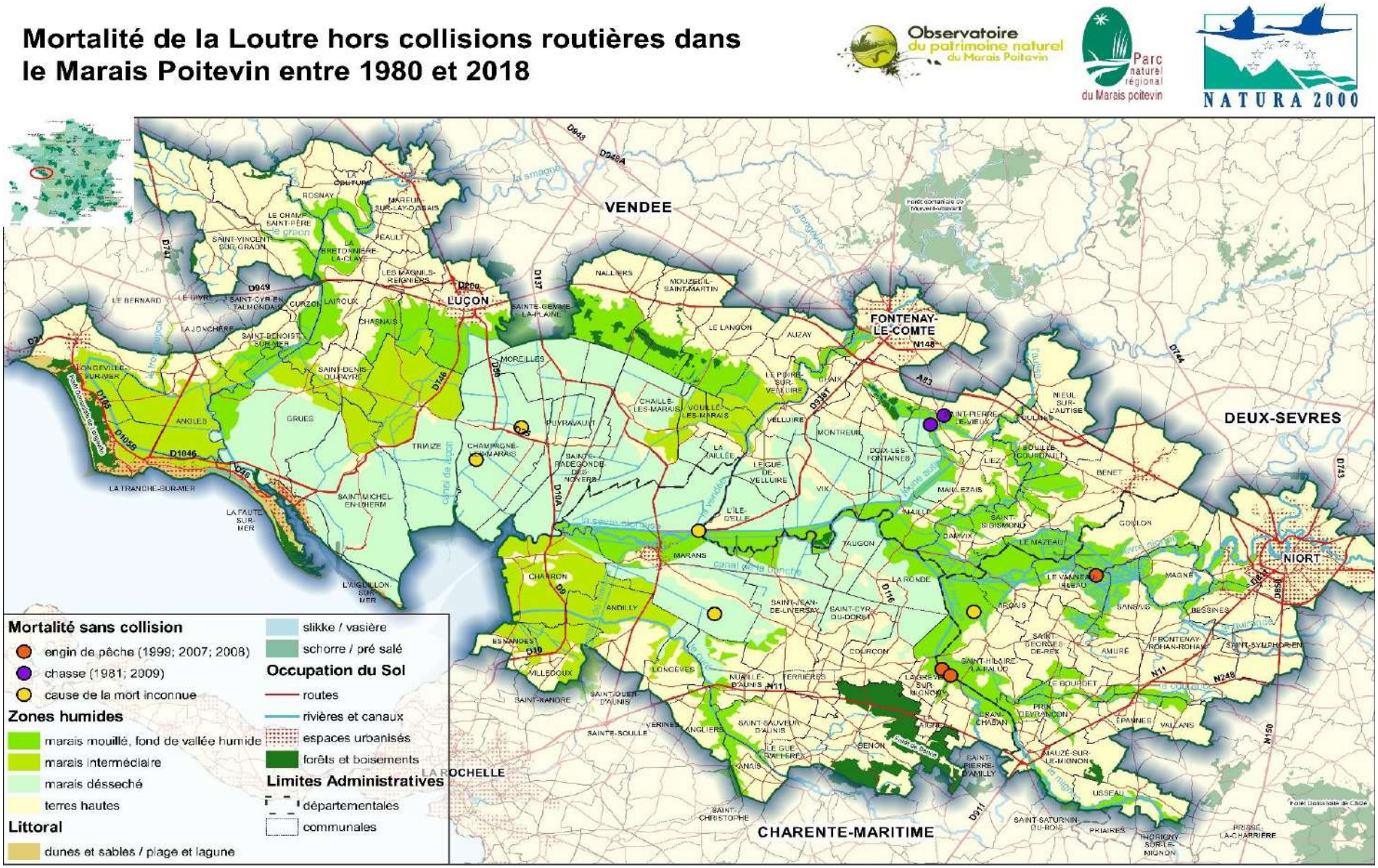
6.7. Annexe 7 : Extrait du tableau de données individuelles brutes

OBSE_ID	OBSE_DATE	SITE_NOM	OGL93F_X	OGL93F_Y	OBSE_PL/	OBSE_NOMBRE	EFFC_MAI	EFFC_MAM	EFFC_	OBSE_COMMENT
1032	1980	Maguelonne (CHAILLE-LES-MARAIS 85042)	390725	6595169	N 137 / Ca	1			1	collision route
1033	19811011	les Chambres (SAINT-PIERRE-LE-VIEUX 85265)	411377	6596159		1			1	chasse
1034	1982	le Petit Logis (CHAILLE-LES-MARAIS 85042)	388790	6591570	Canal des	1			1	collision route
1036	1983	les Vrillers (LA RONDE 17303)	409097	6586873	la Sèvre Ni	1			1	collision route
1035	19831201	le Cor de la Noue (MOUZEUIL-SAINT-MARTIN 85158)	394553	6602075	la Corde (r	1	1			collision route
1037	1984	la Villette (SAINTE-RADEGONDE-DES-NOYERS 85267)	390533	6599323	Canal du C	1			1	collision route
1041	1985	la Marguerite (LUCON 85128)	380002	6601261	D 746 / Ca	1			1	collision route
1042	1985	les Fontenelles (TRIAIZE 85297)	379530	6599303	D 746 / Ca	1				collision route
1038	19850618	les Grands Écluseaux (MARANS 17218)	393402	6588128	D 938ter /	1			1	collision route
1039	19850810	la Charrière des Bandes (LA TRANCHE-SUR-MER 85294)	361221	6595914	D 747 / Ca	1			1	collision route
1040	19850823	la Charrière des Bandes (LA TRANCHE-SUR-MER 85294)	360970	6595423	D 747 / Ca	1	1			collision route
1043	1986	le Bot des Canes (CHAILLE-LES-MARAIS 85042)	392354	6593893	N 137 / Ca	1				collision route
1045	198603	les Mouneries (TRIAIZE 85297)	376405	6597043	D 25 / Can	1			1	collision route
1048	198603	la Villette (SAINTE-RADEGONDE-DES-NOYERS 85267)	390596	6599458	D 10 / Can	1	1			collision route

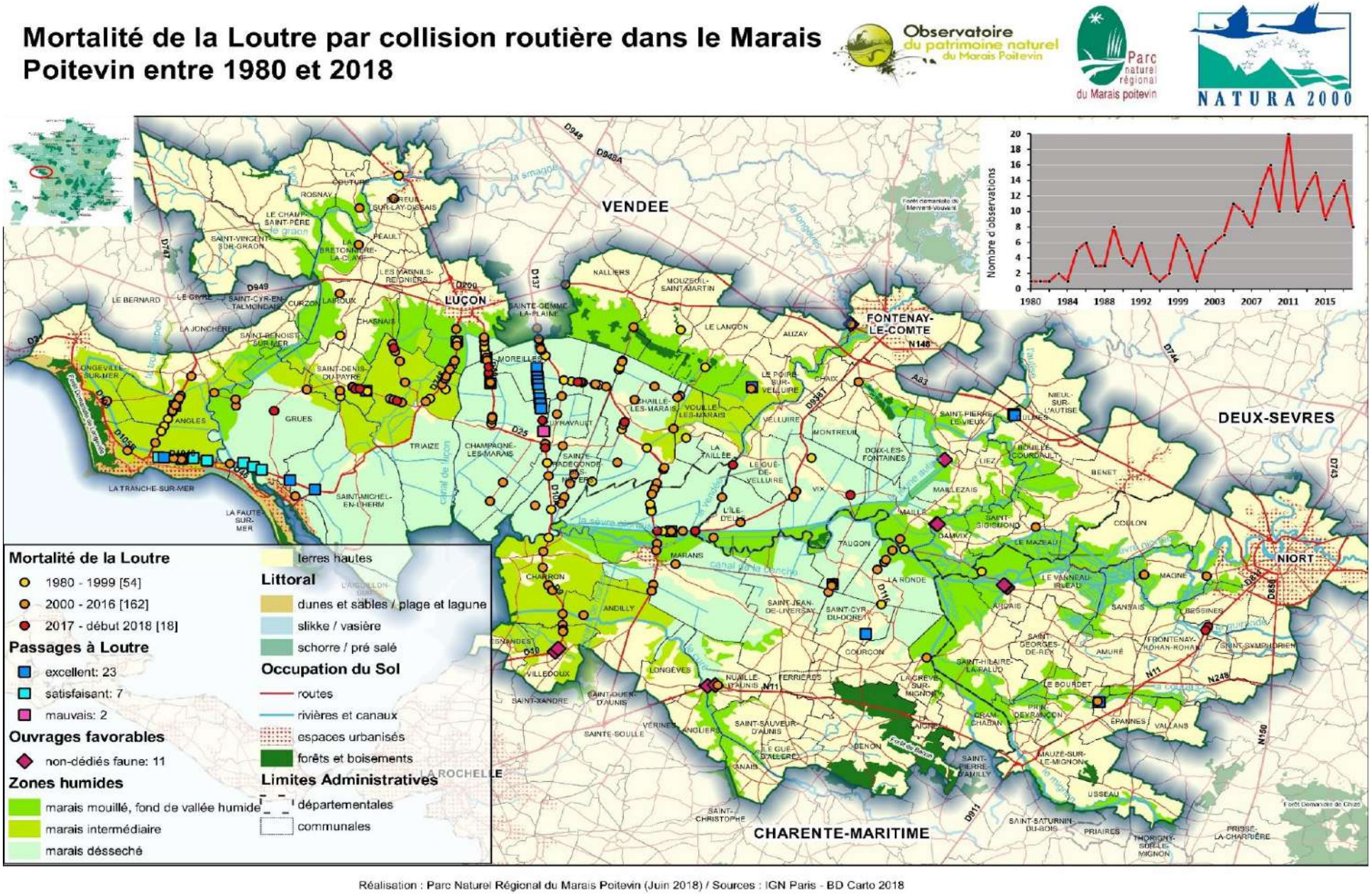
6.8. Annexe 8 : Tableur final

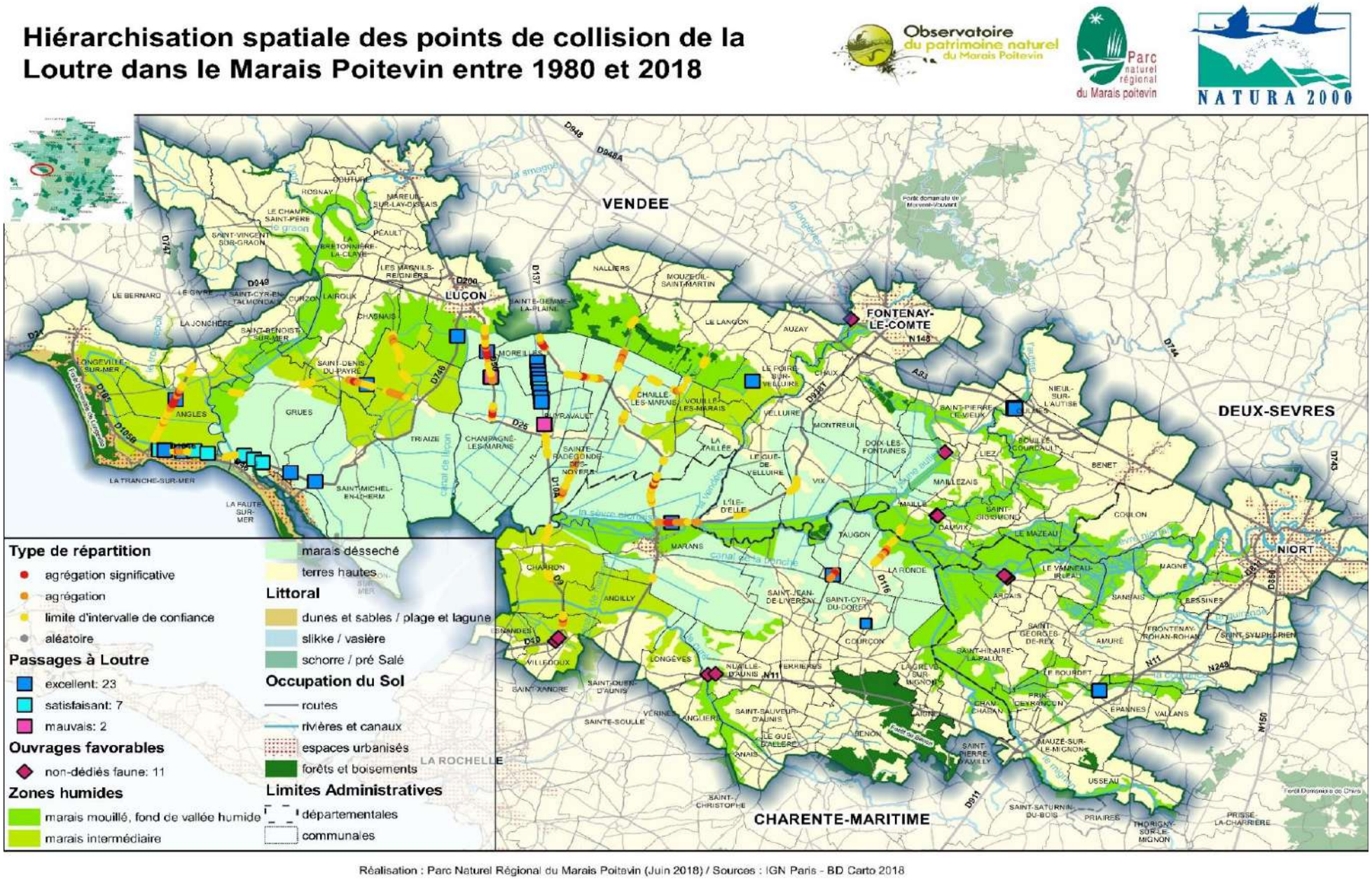
	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1	Cause_Morta	NB_Ind_Mor	Sexe	Date	Mois	Annee	Saison	Lieu_Dit	Res_Hydr	Deptmt	Comm	Route_Num	Pop_Con	Line_Hydr/Co	TMJA/tronc	NB_Inters	OGL93	OGL93F_Y
2	Collision routière	1		14/09/2009	9	2009	Eté	les Épineaux (MA	D1	Deux-Sèvres	Magne	D1	2770	97,343	2916	5	424671	6585106
3	Collision routière	1	F	15/10/2016	10	2016	Automne	les Épineaux (MA	Magné, France	Deux-Sèvres	Magne	D1	2770	97,343	2916	5	424695	6585126
4	Collision routière	1	F	05/01/2006	1	2006	Hiver	le Port de Moricq	D25 / Le Lay	Vendée	Angles	D1	2760	220,827	2916	4	364226	6597717
5	Collision routière	1		15/08/2003	8	2003	Eté	Parc des Nolleaux	D 1046? / Canal d	Vendée	La Tranche-Sur-Mer	D1046	2878	92,853		11	362153	6593116
6	Collision routière	1	M	27/11/2009	11	2009	Automne	Parc des Nolleaux	D 1046	Vendée	La Tranche-Sur-Mer	D1046	2878	92,853		11	362093	6593115
7	Collision routière	1	F	17/10/2012	10	2012	Automne	Parc des Nolleaux	D 1046	Vendée	La Tranche-Sur-Mer	D1046	2878	92,853		11	361578	6593182
8	Collision routière	1		23/02/2016	2	2016	Hiver	les Prises (LA TRA	N137	Vendée	La Faute-Sur-Mer	D1046	694	92,853		0	365248	6592818
9	Collision routière	1		11/08/2016	8	2016	Eté	la Prépoise (LA TR	La Tranche-sur-M	Vendée	La Tranche-Sur-Mer	D105	2878	92,853		3	358585	6593716
10	Collision routière	1		30/04/2003	4	2003	Printemps	Cabane des Deux	D 109 / Canal de	Charente-Marit	Taugon	D109	825	113,048	1435	12	404426	6584451
11	Collision routière	1	M	15/10/2012	10	2012	Automne	le Pont Bastard (T	D 109	Charente-Marit	Taugon	D109	825	113,048	1435	12	404361	6584356
12	Collision routière	1		09/03/2013	3	2013	Hiver	Cabane des Deux	D 109 / Canal de	Charente-Marit	Taugon	D109	825	113,048	1435	12	404426	6584451
13	Collision routière	1	M	31/01/2014	1	2014	Hiver	Choupeau (SAINT-	D 109 bordure be	Charente-Marit	Saint-Jean-De-Liversay	D109	2789	169,613	1435	4	404156	6583910
14	Collision routière	1	M	19/02/2014	2	2014	Hiver	le Marais des Grè	D 109 bord de ro	Charente-Marit	Taugon	D109	825	113,048	1435	12	404507	6584558
15	Collision routière	1	F	15/01/2016	1	2016	Hiver	Cabane des Deux	D109	Charente-Marit	Taugon	D109	825	113,048	1435	12	404428	6584445
16	Collision routière	1	M	05/04/2018	4	2018	Printemps	le Marais du Pont	D109, 17170 Tau	Charente-Marit	Taugon	D109	825	113,048	1435	12	404425	6584443
17	Collision routière	1	M	05/03/2018	3	2018	Hiver	Taugon (TAUGON	rive gauche de la	Charente-Marit	Taugon	D109	825	113,048	1435	12	404418	6584444
18	Collision routière	1	F	03/01/2003	1	2003	Hiver	les Bardettes (SAI	D 10 / Canal des	Vendée	Sainte-Radegonde-Des	D10a	899	202,899	7322	11	387624	6592056
19	Collision routière	1	M	13/10/2003	10	2003	Automne	Clairvent (SAINTE	D 10 / Canal du C	Vendée	Sainte-Radegonde-Des	D10a	899	202,899	7322	11	386939	6590411
20	Collision routière	1	M	15/12/2003	12	2003	Automne	l'Essart (SAINTE-R	D 10 / Canal du C	Vendée	Sainte-Radegonde-Des	D10a	899	202,899	7322	11	387357	6591435
21	Collision routière	1	F	07/10/2004	10	2004	Automne	l'Orvalle (CHAILLE	D 10 / Canal du C	Vendée	Chaille-Les-Marais	D10a	1947	287,897	7322	6	390772	6599940
22	Collision routière	1	M	1986/03	3	1986	Hiver	la Villette (SAINTE	D 10 / Canal du C	Vendée	Sainte-Radegonde-Des	D10a	899	202,899	7322	11	390596	6599458
23	Collision routière	1		04/11/1990	11	1990	Automne	Portes de Vienne	D 10 / Canal de V	Vendée	Sainte-Radegonde-Des	D10a	899	202,899	7322	11	386138	6589637
24	Collision routière	1	M	24/07/2006	7	2006	Eté	la Belle Entrée (N	D10	Vendée	Nalliers	D10a	2363	71,511	7322	11	391491	6602261
25	Collision routière	1		12/03/2016	3	2016	Hiver	les Bardettes (SAI	D 10	Vendée	Sainte-Radegonde-Des	D10a	899	202,899	7322	11	387620	6592060
26	Collision routière	1		18/12/2004	12	2004	Automne	Champ de Ruffet	D 10a	Charente-Marit	Charron	D10a	1973	253,477	7322	3	385594	6585612
27	Collision routière	1	F	05/02/1991	2	1991	Hiver	la Hutte (PUYRAV	D 10a / Canal de	Vendée	Puyravault	D10a	698	130,529	7322	4	385873	6592863
28	Collision routière	1		19/04/2018	4	2018	Printemps	Puyravault (PUYR	rive gauche de la	Vendée	Puyravault	D10a	698	130,529	7322	4	385748	6593914
29	Collision routière	1		09/12/2005	12	2005	Automne	la Loge du Chail (C	D10a / Canal de V	Vendée	Champagne-Les-Marais	D10a	1775	394,719	7322	6	382998	6591514
30	Collision routière	1	F	07/11/1990	11	1990	Automne	le Passage (LA RO	D 116 / Canal de	Charente-Marit	La Ronde	D116	1106	164,274	402	7	407793	6585996

6.9. Annexe 9 : Autres cas de mortalité dans le Marais poitevin



6.10. Annexe 10 : Carte standard des collisions de la loutre



Réalisation : Parc Naturel Régional du Marais Poitevin (Juin 2018) / Sources : IGN Paris - BD Carto 2018

6.11. Annexe 11 : Carte des hotspots de mortalité de la loutre