



RÉGION
**Nouvelle-
Aquitaine**



Grand rhinolophe et trame verte bocagère : étude des facteurs environnementaux influant sur la dynamique de la population

*Rapport d'activités – Projet régional
Phase N° 3/3
Edition : Juin 2019*



Poitou-Charentes Nature

14 rue Jean Moulin

86 240 Fontaine-le-Comte

www.poitou-charentes-nature.asso.fr

☎ 05 49 88 99 23

pc.nature@laposte.net

Grand rhinolophe et trame verte bocagère : étude des facteurs environnementaux influant sur la dynamique de la population

Rapport d'activités – Projet régional

Phase N° 3/3

Edition : Juin 2019

Coordination régionale

Coordination technique : Maxime LEUCHTMANN (Nature-Environnement 17)

Coordination administrative et financière : Bruno FILLON (Poitou-Charentes Nature)



Coordinations techniques départementales

Deux-Sèvres : Jérémy DECHARTRE & Yoann PRIOUL (Deux-Sèvres Nature-Environnement)

Charente : Matthieu DORFIAC & Anthony LE NOZAHIC (Charente Nature)

Vienne : Alice CHERON & Miguel GAILLEDROT (Vienne Nature)

Charente-Maritime : Maxime LEUCHTMANN (NE17) & Virginie BARRET (LPO France)



AGIR pour la
BIODIVERSITÉ

Rédaction & contributions

Maxime LEUCHTMANN (Nature-Environnement 17)

Ondine FILIPPI-CODACCIONI & Stéphanie JACQUET (LBBE, LabEx ECOFECT – Université Lyon I – Claude Bernard)

Orianne TOURNAYRE (LabEx CEMEB - CBGP/INRA)

David PINAUD (CEBC/CNRS – ULR)

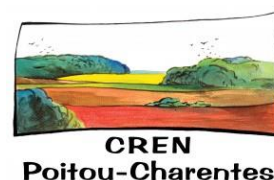
Partenaires scientifiques et techniques

Dominique PONTIER, Ondine FILIPPI-CODACCIONI, Jeanne DUHAYER, Stéphanie JACQUET
(LBBE, LabEx ECOFECT – Université Lyon I – Claude Bernard)

Nathalie CHARBONNEL, Anne LOISEAU, Laure BENOIT, Orianne TOURNAYRE, Maxime GALAN,
(LabEx CEMEB - CBGP/INRA - Montpellier)

David PINAUD (CEBC/CNRS-ULR – Villiers-en-Bois)

Olivier ALLENOU (CREN Poitou-Charentes)



Citation du rapport

LEUCHTMANN M., FILIPPI-CODACCIONI O., TOURNAYRE O., PINAUD D., JACQUET S. (2019) – Grand rhinolophe et trame verte bocagère : Etude des facteurs environnementaux influant sur la dynamique de la population – Rapport d'activités, phase 3/3. Poitou-Charentes Nature, 162p.

SOMMAIRE

1. CONTEXTE DU PROGRAMME	16
2. OBJECTIFS, ACTIONS & INDICATEURS	17
3. MATERIEL & METHODES	20
3.1. Technique de capture	20
3.2. Prélèvements biologiques	21
3.3. Marquage individuel	22
3.4. Effort de contrôle	23
3.4.1. Lecteurs autonomes	23
3.4.2. Lecteurs manuels	24
3.5. Evaluation des différentes opérations	25
3.5.1. Opérations de capture	25
3.5.2. Suivi des sites d'hibernation	30
3.5.3. Suivi des colonies de parturition	31
4. RESULTATS	33
4.1. Suivis des sites d'hibernation et tendances évolutives	33
4.1.1. Données générales	33
4.1.2. Espèces et tendances évolutives	36
4.1.3. Tests de l'effet des comptages par caméra thermique	46
4.1.4. Rhinologgers et étude de la phénologie d'occupation des sites	47
4.2. Suivis des colonies de parturition de Grand rhinophe et de Murin à oreilles échancrées	50
4.3. Capture, Marquage, Recapture des individus (CMR)	54
4.3.1. Captures & marquage	54
4.3.2. Contrôles & Reprises	64
4.4. Fidélité aux sites et déplacements individuels	71
4.4.1. Fidélité aux colonies de parturition	71
4.4.2. Fidélité aux sites d'hibernation	74
4.4.1. Exemples individuels	76
4.4.1. Distances de dispersion	81
4.5. Déplacements à l'échelle des sites	86
4.5.1. Fonctionnement des colonies de parturition	86
4.5.2. Fonctionnement des sites de transit et d'hibernation	98

4.6. Modélisation cartographique et corridors -----	104
4.7. Génétique de la population -----	110
4.7.1. Diversité génétique et apparentements -----	111
4.7.2. Différenciation génétique entre colonies -----	114
4.7.3. Analyses démographiques -----	115
4.8. Régime alimentaire -----	117
4.8.1. Développements méthodologiques : vers une méthode exhaustive de détection -----	117
4.8.2. Suivis spatio-temporels du régime alimentaire du grand rhinolophe -----	122
4.9. Ecotoxicologie -----	124
4.10. Epidémiologie -----	127
5. ACTIONS DE SENSIBILISATION ET DE COMMUNICATION -----	134
5.1. Opération « Refuge pour les chauves-souris » -----	134
5.1.1. Conférences et animations -----	136
5.1.2. Interventions auprès de la profession agricole -----	137
5.1.3. SOS chauve-souris -----	138
5.1.4. Communication -----	141
5.1.5. Publications -----	145
6. DISCUSSION & PERSPECTIVES -----	152
BIBLIOGRAPHIE -----	155
ANNEXES -----	156

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : « Harp-trap » installé devant une sortie de colonie (à Gauche) et Grands rhinolophes dans la « Harpe » à droite (L-M Préau)	20
Figure 2 : Dimensions et composition des transpondeurs APT12 de chez Biomark® à gauche et photo à droite.....	22
Figure 3 : « Antenne corde » installée à Saint-Michel-le-Cloucq (85) (M. Leuchtmann).....	23
Figure 4 : « Antenne corde » installée à Melle (79) à gauche et « antenne-cadre » installé à Annepont (17) (M. Leuchtmann).....	24
Figure 5 : Contrôles hivernaux des Grands rhinolophes à l'aide de lecteurs manuels HPR+ sur perche de chez Biomark (JB. Pons & M. Leuchtmann)	24
Figure 6 : Barnum installé à proximité de la colonie (M. Leuchtmann).....	25
Figure 7 : Table de travail avec les différents opérateurs (LPO 49)	26
Figure 8 : Mesures du 5 ^{ème} doigt (D5) chez un Grand rhinolophe (LPO 49)	26
Figure 9 : Prise de poils chez un Grand rhinolophe et stockage dans un pilulier (LPO 49)	27
Figure 10 : Biopsie de patagium (punch) chez un Grand rhinolophe (LPO 49).....	27
Figure 11 : Insertion sous-cutanée d'un transpondeur chez un Grand rhinolophe (LPO 49).....	27
Figure 12 : Prise de sang chez un Grand rhinolophe (J. DECHARTRE)	28
Figure 13 : Stockage et archivage des prélèvements, les couleurs différencient les types de prélèvements (J. Dechartre).....	28
Figure 14 : Préparation d'un transpondeur (LPO 49).....	29
Figure 15 : Centrifugation des prises de sang (J. Dechartre)	29
Figure 16 : Prospection hivernale dans une carrière souterraine (JB Pons), et Rhinologger, enregistreur d'activité spécifiquement développé pour le suivi des Rhinolophes.	30
Figure 17 : Comptage au détecteur en sortie de gîte (M. Barataud).....	31
Figure 18 : Image de Grands rhinolophes avec jeunes de la colonie d'Annepont (17) (M. Leuchtmann)	31
Figure 19 : Grand rhinolophe équipé d'émetteur à gauche (E. Jomat), et suivi télémétrique nocturne à droite (Ondine Filippi-Codaccioni).....	32
Figure 20 : Nombre de sites d'hibernation comptés en Poitou-Charentes depuis 1983	33
Figure 21 : Nombre de chauves-souris comptées en Poitou-Charentes depuis 1983.....	34
Figure 22 : Nombre de sites comptés en hiver par département en Poitou-Charentes depuis 1983.....	34
Figure 23 : Nombre de chauves-souris comptées en hiver par département en Poitou-Charentes depuis 1983.....	35
Figure 24 : Tendances évolutives du Murin à oreilles échancrées en ex Poitou-Charentes de 1995 à 2019.....	39

Figure 25 : Tendances évolutives du Grand rhinolophe en ex Poitou-Charentes de 1995 à 2019.	41
Figure 26 : Tendances évolutives du Grand murin en ex Poitou-Charentes de 1995 à 2019.....	43
Figure 27 : Tendances évolutives du Minioptère de Schreibers en ex Poitou-Charentes de 1995 à 2019.....	45
Figure 28 : Photographie par caméra thermique de 2 Grands rhinolophes en hibernation.....	46
Figure 29 : Localisation des rhinologgers.....	47
Figure 30 : Comparaison entre l'activité acoustique mesurée par le Rhinologger et le nombre de contrôles des individus marqués à Saint-Michel-le-Cloucq ((F. Varenne, LPO 85 / Les Naturalistes Vendéens / Groupe Chiroptères des Pays-de-la-Loire)	48
Figure 31 : Corrélation du 28/08/2016 au 29/08/2017 entre le nombre de contrôles des individus marqués et le nombre de contacts par jour au Rhinologger à Saint-Michel-le-Cloucq (F. Varenne, LPO 85 / Les Naturalistes Vendéens / Groupe Chiroptères des Pays-de-la-Loire) .	48
Figure 32 : Corrélation entre l'activité des Grands rhinolophes et températures en hiver (hiver 2016-2017), enregistrées par le Rhinologger à Saint-Michel-le-Cloucq (85).....	49
Figure 33 : Nombre de colonies de parturition de Grand rhinolophe et Murin à oreilles échancrées connues par département en Poitou-Charentes depuis 1988.	50
Figure 34 : Nombre de colonies de parturition de Grand rhinolophe suivies en Poitou-Charentes depuis 1998.....	51
Figure 35 : Evolution des effectifs de Grand rhinolophe comptés en période de parturition en Poitou-Charentes depuis 1998.....	52
Figure 36 : Nombre de colonies de parturition de Murin à oreilles échancrées suivies en Poitou-Charentes depuis 1988.....	52
Figure 37 : Evolution des effectifs de Murin à oreilles échancrées comptés en période de parturition en Poitou-Charentes depuis 1998.	53
Figure 38 : Effectifs totaux maximum de Grand rhinolophe et de Murin à oreilles échancrées comptés par département depuis 2016 au sein des colonies de parturition de l'ex Poitou-Charentes.	53
Figure 39 : Localisation des sites échantillonnés depuis 2016.....	55
Figure 40 : Nombre de Grands rhinolophes capturés par an selon leur âge.....	60
Figure 41 : Sexe-ratio des Grands rhinolophes juvéniles (1A) capturés depuis 2016.	61
Figure 42 : Sexe-ratio des Grands rhinolophes subadultes (2A) capturés depuis 2016.	61
Figure 43 : Sexe-ratio des Grands rhinolophes adultes (+2A) capturés depuis 2016.....	62
Figure 44 : Nombre de Grands rhinolophes marqués par département depuis 2016.	62
Figure 45 : Localisation des sites échantillonnés depuis 2016.....	63
Figure 46 : Localisation des sites suivis de façon permanente et automatique.....	65
Figure 47 : Evolution de l'effort de contrôle annuel hivernal depuis 2016.	67

Figure 48 : Localisation des sites souterrains où des Grands rhinolophes ont été «scannés» l'hiver 2018-2019.	68
Figure 49 : Fidélité des individus aux colonies de parturition (par sexe, depuis 2016, n=890 individus dans 9 colonies).	73
Figure 50 : Echanges inter-sites pour une femelle 1A marquée le 26/07/2016 à Xaintray (PIT 66465).	78
Figure 51 : Echanges inter-sites pour une femelle 1A marquée le 20/09/2016 à Saint-Michel-le-Cloucq (PIT 66227).	78
Figure 52 : Echanges inter-sites pour un mâle 1A marqué le 24/07/2018 à Fenioux (PIT29125).	79
Figure 53 : Echanges inter-sites pour une femelle +2A marquée le 26/07/2016 à Xaintray (PIT 66489).	79
Figure 54 : Echanges inter-sites pour un mâle 1A marqué le 23/08/2017 à La Ronde (PIT 28556).	80
Figure 55 : Echanges inter-sites pour une femelle 1A marquée le 02/10/2016 à Melle (PIT 29264).	80
Figure 56 : Ensemble des déplacements entre les sites de mise bas et d'hibernation. Données à jour au 12 mars 2019.	82
Figure 57 : Quartiles 1 et 3, médiane et écarts-types des distances parcourues (en mètres) par les Grands rhinolophes selon leur âge et leur sexe.	83
Figure 58 : Déplacements été-hiver des individus marqués à Xaintray (79) (distances en km). Exemple: Xaintray-Sénillé = 88,19 km.	86
Figure 59 : Phénologie des individus contrôlés à Xaintray selon leur âge.	87
Figure 60 : Déplacements été-hiver des individus marqués à Lessac (79) (distances en km). Exemple: Lessac-Le Puy notre Dame = 136,58 km.	88
Figure 61 : Déplacements été-hiver des individus marqués à Réaumur (85) (distances en km). Exemple: Réaumur-La Couronne = 147,13 km.	88
Figure 62 : Déplacements été-hiver des individus marqués à Saint-Bonnet-sur-Gironde (17) (distances en km). Exemple: Saint-Bonnet-sur-Gironde - Voeuil-et-Giget = 69,21 km.	89
Figure 63 : Déplacements été-hiver des individus marqués à Annepont (17) (distances en km). Exemple: Annepont-Saint Savinien = 6,90 km.	89
Figure 64 : Phénologie des individus contrôlés à Annepont selon leur âge.	90
Figure 65 : Déplacements été-hiver des individus marqués à Faye-L'Abbesse (79) (distances en km). Exemple: Faye-L'Abbesse-Saint-Savinien = 108,22 km.	91
Figure 66 : Phénologie des individus contrôlés à Faye-L'Abbesse selon leur âge.	92
Figure 67 : Déplacements été-hiver des individus adultes et subadultes marqués Lessac (16).	93
Figure 68 : Déplacements été-hiver des individus juvéniles marqués à Lessac (16).	94
Figure 69 : Déplacements été-hiver des individus adultes et subadultes marqués à Faye-L'Abbesse (79).	95

Figure 70 : Déplacements été-hiver des individus juvéniles marqués à Faye-L'Abbesse (79). .	95
Figure 71 : Déplacements été-hiver des individus adultes et subadultes marqués à Réaumur (85).	96
Figure 72 : Déplacements été-hiver des individus juvéniles marqués à Réaumur (85).....	96
Figure 73 : Déplacements été-hiver des individus adultes et subadultes marqués à Xaintray(79).....	97
Figure 74 : Déplacements été-hiver des individus juvéniles marqués à Xaintray(79).....	97
Figure 75 : Echanges entre sites des individus contrôlés à Melle (79) à gauche et à Saint-Michel-le-Cloucq (85) à droite.	98
Figure 76 : Echanges entre sites des individus contrôlés à Saint-Savinien(17) à gauche et au Puy-Notre-Dame (49) à droite.	99
Figure 77 : Age-ratio des individus contrôlés au sein de 4 sites de transit et d'hibernation d'août à avril (Melle, Saint-Michel-le-Cloucq, Saint-Savinien et le Puy-Notre-Dame).	100
Figure 78 : Phénologie des individus contrôlés à Melle (79).	102
Figure 79 : Phénologie des individus contrôlés à Saint-Michel-le-Cloucq (85).....	102
Figure 80 : Phénologie des individus contrôlés à Saint-Savinien (17).....	103
Figure 81 : Phénologie des individus contrôlés au Puy-Notre-Dame (49).....	103
Figure 82 : carte des localisations de radiopistage de Grand Rhinolophe en 2016 et 2017 (D. Pinaud)	105
Figure 83 : Domaines vitaux par année estimés par la méthode de Kernel (D. Pinaud)	106
Figure 84 : Valeur connective des haies et bois autour de la colonie d'Annepont selon la modélisation des coûts de déplacement mesurés sur le terrain (D. Pinaud).....	107
Figure 85 : Modèles de résistance pour 4 colonies de parturition dans des contextes paysagers contrastés.	108
Figure 86 : Modélisation préliminaire des connectivités paysagères pour le Grand rhinolophe (D. Pinaud).....	109
Figure 87 : Carte des colonies échantillonnées pour l'étude. L'aire de répartition du grand rhinolophe selon les données de l'UICN (2016) est représentée en gris.	110
Figure 88 : Hétérozygotie ('He', indice de diversité génétique) estimée pour chaque colonie. Le gradient de couleur du blanc au rouge représente un gradient de diversité génétique faible à élevé.	111
Figure 89 : Distribution du coefficient d'apparentement r au sein de colonies françaises ('AIR', 'MON'), anglaises ('BRY', 'BUC') et tunisienne ('GHA').	112
Figure 90 : Distribution géographique des fortes valeurs du coefficient d'apparentement r ($r > 0.5$) entre individus de colonies françaises et de la colonie basque espagnole. Le dégradé de couleur du jaune au rouge indique des valeurs estimées de r croissantes.	113
Figure 91 : Représentation de la probabilité d'appartenance d'un individu à un groupe génétique.	114

Figure 92 : Principales étapes de l'approche d'identification par metabarcoding (d'après Tournayre, 2018).....	118
Figure 93 : Schéma explicatif de la notion d'amorce dégénérée.....	119
Figure 94 : Score de pénalité moyen par ordre d'Arthropode pour chaque amorce sur le gène COI et sur le gène 16S.	120
Figure 95 : Composition des six communautés artificielles.....	121
Figure 96 : Comparaison entre le célèbre couple d'amorces de Zeale et al. (2011) et un des couples d'amorce que nous avons créés (MG2).	121
Figure 97 : Carte des colonies échantillonnées pour l'étude à gauche. A droite, photo de l'échantillonnage du guano sous les colonies (©Jérémy Dechartres).....	122
Figure 98 : Localisation des 10 colonies dont les prélèvements de poils ont été étudiés pour l'étude écotoxicologique.	124
Figure 99 : Nombre de virus hébergés par différents ordres de mammifères.....	129
Figure 100 : Schéma d'un virus qui entre dans une cellule de son hôte en se liant à des récepteurs spécifiques se trouvant à la surface des cellules cibles pour accomplir son cycle de réplication en détournant la « machinerie cellulaire ».....	130
Figure 101 : Schéma de la co-évolution entre hôte et virus qui signe la pathogénicité de ce dernier.....	130
Figure 102 : Nombre d'espèces par famille dont les séquences génétiques de NTCP ont été analysées grâce à l'échantillonnage du programme ECOFECT.	131
Figure 103 : Fortes signatures de sélection positive observées chez le NTCP des chauves-souris.	132
Figure 104 : Analyse en Composantes Principales(ACP) de l'évolution de la molécule de NTCP des chauves-souris en lien avec le régime alimentaire.....	133
Figure 105 : Carte des refuges pour les chauves-souris en ex Poitou-Charentes (Source : SFEPM, 2019).....	135
Figure 106 : Création d'un aménagement pour préserver la colonie de Xaintray (79).	139
Figure 107 : Création d'un aménagement pour préserver la colonie de Xaintray (79).	140
Figure 108 : Création d'un aménagement pour préserver la colonie de Xaintray (79).	140
Figure 109 : Présentations au colloque SFE à Rennes du 22 au 25 octobre 2018.....	141
Figure 110 : Présentation au salon de l'écologie ECOLO'TECH à Toulouse le 8 novembre 2018.....	142
Figure 111 : Présentation au séminaire NATURA 2000 Nouvelle-Aquitaine à ronce-les-Bains le 8 novembre 2018.....	142
Figure 112 : Rencontres Naturalistes Régionales, Melle – le 16 février 2019.....	143
Figure 113 : Présentation aux BTS GPN, Bac Pro GMNF et STAV du lycée agricole de Melle le 27 avril 2019.....	143
Figure 114 : Séminaire des PNA en Nouvelle-Aquitaine le 14 mars 2019.....	144

Figure 115 : Couverture de la revue « Molecular Ecology Resources » - Vol.18, n°3 – Mai 2018	145
Figure 116 : Séminaire des PNA en Nouvelle-Aquitaine le 14 mars 2019	146
Figure 117 : Séminaire des PNA en Nouvelle-Aquitaine le 14 mars 2019	147
Figure 118 : Article paru dans « Plume de Naturalistes », n°2 – 2018.	148
Figure 119 : Séminaire des PNA en Nouvelle-Aquitaine le 14 mars 2019	149
Figure 120 : Séminaire des PNA en Nouvelle-Aquitaine le 14 mars 2019	150
Figure 121 : Séminaire des PNA en Nouvelle-Aquitaine le 14 mars 2019	151

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Détails sur l'utilisation des échantillons biologiques (JB PONS – LabEx ECOFECT) ..	21
Tableau 2 : Synthèse des effectifs maximums pour 11 espèces de chauves-souris par département et pour l'ex région Poitou-Charentes et estimations SFEPM de 2014.	36
Tableau 3 : Résultats des modèles linéaires généralisés (GLMs) par l'estimateur TRIM pour 4 espèces entre 1995 et 2019 en ex Poitou-Charentes.	38
Tableau 4 : Périodes d'enregistrement des Rhinologgers sur les différents sites (F. Varenne, LPO 85 / Les Naturalistes Vendéens / Groupe Chiroptères des Pays-de-la-Loire)	47
Tableau 5 : Synthèse des espèces capturées et effectifs de 2016 à 2018.	56
Tableau 6 : Synthèse des captures, marquages et contrôles pour l'année 2016.	57
Tableau 7 : Synthèse des captures, marquages et contrôles pour l'année 2017.	58
Tableau 8 : Synthèse des captures, marquages et contrôles pour l'année 2018.	59
Tableau 9 : Nombre de Grands rhinolophes capturés, marqués et contrôlés par an entre 2016 et 2018 et proportion annuelle de contrôle.	63
Tableau 10 : Sites suivis de façon permanente par des systèmes automatiques, nature du site, statut et date d'installation	64
Tableau 11 : Bilan du nombre de contrôles et reprises annuels depuis 2016.	66
Tableau 12 : Synthèse de l'effort de contrôle hivernal annuel depuis 2016.	66
Tableau 13 : Nombre et proportion d'individus contrôlés entre chaque hiver depuis 2016.	69
Tableau 14 : Nombre et proportion d'individus contrôlés entre chaque année depuis 2016. ..	69
Tableau 15 : Colonies de parturition prises en compte pour les analyses de fidélité et dates de début du suivi de chacune d'elles.	71
Tableau 16 : Synthèse par sexe et âge des individus marqués et contrôlés au sein de 9 colonies de parturition depuis 2016.	72
Tableau 17 : Nombre d'individus contrôlés au moins 2 hivers (contrôles manuels uniquement).	74
Tableau 18 : Distances moyennes, minimum et maximum des individus ayant changé de sites d'hibernation.	75
Tableau 19 : Résultat de test d'Anova de type II sur GLM testant les facteurs influant sur la distance parcourue entre été et hiver.	83
Tableau 20 : Distance été-hiver de l'ensemble des individus en mètres.	84
Tableau 21 : Distance été-hiver des juvéniles (1A) en mètres.	84
Tableau 22 : Distance été-hiver des subadultes et adultes (2A, +2A)	84
Tableau 23 : Synthèse des données des opérations de radiopistage sur la colonie d'Annepont (17)	105
Tableau 24 : Concentration en Eléments Traces Métalliques (ETMs) dans les poils des Grands rhinolophes des 10 colonies échantillonnées.	126

Tableau 25 : Comparaison des concentrations en Eléments Traces Métalliques (ETMs) dans les poils de chauves-souris dans la bibliographie avec notre étude.	126
Tableau 26 : Nombre de prélèvements de sérum sanguin > 20 microlitres depuis le lancement du programme ECOFECT en métropole (2015).....	127
Tableau 27 : Nombre d'échantillons de sérum > 20 microlitres depuis le lancement d'ECOFECT en métropole (2015) par départements	128
Tableau 28 : Nombre de refuges pour les chauves-souris créés en 2018 par les différentes structures	134
Tableau 29 : Nombre de refuges pour les chauves-souris créés par département en ex-Poitou-Charentes depuis le début de l'opération en 2004.	135
Tableau 30 : Synthèse des actions de communication réalisées en 2018 par les différentes associations.	136
Tableau 31 : Synthèse des « SOS chauve-souris » traités par les différentes associations en 2016.....	138
Tableau 32 : Synthèse du nombre d'individus et de colonies découverts en 2018 au sein des 4 départements de l'ex-région Poitou-Charentes.	138

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier tout particulièrement Jean-Baptiste PONS et Dominique PONTIER de l'université de Lyon sans qui cet ambitieux projet n'aurait pas vu le jour.

Nous remercions chaleureusement les collègues et structures qui ont bien voulu contribuer bénévolement à ce projet et nous épauler sur différentes soirées de capture un peu partout en France depuis 2016 :

- Le Groupe Mammalogique et Herpétologique du Limousin (GMHL) pour l'ex Limousin ;
- Le Groupe Chiroptères des Pays-de-la-Loire (GCPDL) pour les Pays-de-la-Loire ;
- Le Groupe Chiroptères Aquitaine (GCA) et le Conservatoire d'Espaces Naturels d'Aquitaine pour l'ex Aquitaine (CEN Aquitaine) ;
- Le Groupe Chiroptères de Provence (GCP) pour la Camargue ;
- Amikiro pour la Bretagne ;
- Le Groupe Mammalogique Normand (GMN) pour la Normandie ;
- La Coordination Mammalogique du Nord de la France (CMNF) pour le Pas-de-Calais ;
- Chauves-Souris Auvergne (CSA) pour l'ex Auvergne ;

Merci également aux partenaires scientifiques français ou étrangers, notamment l'équipe de l'UMR CESCO-MNHN (Julie MARMET, Jean-François JULIEN, Christian KERBIRIOU) pour leur aide concernant les opérations de capture et les analyses de tendances.

Merci aussi à ceux qui ont bien voulu nous apporter du matériel biologique complémentaire : Fabio BONTADINA (Suisse et Allemagne), Ivana BUDINSKI (Serbie), Simon ENGELBERGER (Autriche), Ignazio GARIN (Espagne), Fiona MATHEWS (Angleterre), Sébastien PUECHMAILLE (Algérie, Bulgarie, France, Tunisie, Roumanie), Roberto TOFFOLI (Italie).

Nous remercions également les partenaires financiers qui nous ont accordé leur confiance dès le début de ce programme à savoir : l'Union Européenne (Fonds FEDER), la DREAL Nouvelle-Aquitaine et la Région Nouvelle-Aquitaine.

Nos remerciements vont également aux propriétaires privés et publics ainsi qu'aux gestionnaires des sites qui nous ont permis, parfois des nuits entières, de mener à bien les opérations de capture !

Enfin, un immense merci aux 211 participants, bénévoles et salariés, qui sont venus nous prêter main forte durant les opérations de terrain en 2018 !

Nous remercions également tout spécialement Pierrick BARRE (Solutions Bois & Fer) et Jean-Do VRIGNAULT (Groupe Chiroptères des Pays-de-la-Loire) pour leurs énormes coups de main lors des chantiers d'aménagement de sites, le développement des outils de suivi acoustique, pour les installations électriques jusque dans l'humidité des grottes et des carrières...et pour tout le temps bénévole qu'ils donnent !

Depuis 2016, vous êtes 367 à être venus nous accompagner, soyez en chaleureusement remerciés :

ABIADH Awatef, ALAMICHEL François, ALEXANDRE Jean-François, ALLANET Francine, ALLENOU Olivier, ALLONCLE François, AMRANI Roan, ANDRE Mathieu, ANDRONIK Thorsin, ANXIONNAT Diane, AUBEL François, AUBOUIN Marylène, AUBOUIN Naïs, AUDEBAUD Benjamin, AUGÉ Roxanne, AUPETIT Bastien, BADUEL Alexandre, BAILLAT Boris, BALIA Sophie, BALLAGNY Cédric, BANASIAK Marek, BARATAUD Julien, BARATAUD Michel, BARRE Pierrick, BARREAULT Gabin, BARRET Virginie, BARTOLUCCI Jean-Christophe, BAY Hélène, BAYOL Lola, BEAU Dominique, BEAUBERT Romain, BEILLARD Amélie, BELLECULE Samuel, BENOIT Laure, BERNARD Léo, BERNARD Maëlys, BERNARD Matthieu, BERNARD Thomas, BERTRAND Eline, BESCHERS Timothé, BEZAMAT Anne-Sophie, BILLARD Florent, BILLOIR Quentin, BISCHOFF Lucas, BITTON Guillaume, BLACHERE Blandine, BODIN Charlie, BOILLEAUX Vincent, BOISSART Baptiste, BOLEAT Cathie, BOLLIET Pierre, BONHOMME Mathieu, BONIFAIT Sylvain, BONJEAN Coralie, BONMORT Maggie, BONNET Mathilde, BONNIN Jean-Baptiste, BOREL Christophe, BOULISSET Florian, BOURGOIN Fanny, BOURGOUIN Laurent, BOUSSQUAULT Elodie, BOUTELOUP Rémi, BOYE Agnès, BRACONNIER Hugo, BRACONNIER Nathan, BRAMARD Michel, BROUSSE Antoine, BROUSSE Clémence, BRU Emeric, BRUNEL Mathilde, BRUZZESE Emilie, BUGLI Amandine, BURET Céline, CAILLAU Caroline, CALATAYUD Claire, CARDON Amandine, CARRON Alexis, CHAIGNE Jérémy, CHAPENOIRE Simon, CHARBONNEL Nathalie, CHARNEAU Matthieu, CHARPENTIER Anne-Lise, CHASSAING Laureline, CHATTON Thomas, CHAUVEAU Jonathan, CHAUVEAU Noémie, CHERIE Clément, CHERON Alice, CHESNEL Thomas, CHEVILLON Aurélie, CHIRON Damien, CLAIREAU Fabien, CLEMENT David, COLAS Célia, COLLARD Alexandra, COLLARD François, COLLIN Véronique, CORBEAU Alexandre, CORNAC Clément, CORRE David, COSSON Emmanuel, COTREL Nicolas, COTTAZ Pauline, COURANT Sylvain, COUTURIER Clément, COUTURIER Lucas, DA COSTA Nicolas, DARNIS Thomas, DAUBIGNY Sandra, DAVAL Matthieu, DAVID Sébastien, DAVROUT Sylvain, DEBARRE Coralie, DECHARTRE Jérémy, DECLERCQ Sophie, DECOURTEILLE Virgil, DECRETON Thibault, DELAMARE Ludivine, DELAPORTE Philippe, DELBOS Véronique, DENIAUD Marie-Lou, DENTZ Clémentine, DESCHAMPS Damien, DESGRANGES Sylvie, DESPINAY Marc, DETHIER Sébastien, DEVAUX Manon, DEZARNAUD Denis, DIETRICH Muriel, DOBIGNY Sandra, DORE Florian, DORFIAC Matthieu, DOUSSINE Sylvain, DOZE Martin, DRILLON Olivier, DUBOIS Charlotte, DUCLOSSON Marie, DUHAYER Jeanne, DUPAIX Alice, DUPE Charles, DUPUY Hélène, DURAND Juliette, DUTREY Alexandre, DUVAL Lison, ESCOLAR Quentin, ESCULIER Cristian, ESNAULT Sarah, ETIENNE Justine, FABRE Jennifer, FAGART Sylvain, FAINE Laetitia, FALENI Cassandre, FERNANDEZ Fabien, FICHET Anne, FILIPPI-CODACCIONI Ondine, FLEUREAU Julien, FOSSAERT Manon, GABORIAUD Clémentine, GAILLEDRAAT Miguel, GALAN Maxime, GARAUD Yohann, GARCIA Emie, GAUDEMER Bruno, GAUDIN Zachary, GAUVIN Thaddeus, GELY Mathilde, GEORGE Guillaume, GERVOT Méryl, GETTI Tobie, GIRARD François, GIRARD Lilian, GIRARD Thomas, GIRAUD Isabelle, GIRAUDET Pierrick, GLASSPOLLE Guillaume, GODE Nil, GODET Gilles, GOEPFERT Mélissa, GOMA Vianney, GOURDON Fanny, GOURMAND Camille, GRIFFAUT Natacha, GUENESCHEAU Yvon, GUENON Cécile, GUIGNARD Nicolas, GUILLEMINAULT Laure, GUILLOU Erwan, HALOUI Marie-Emmanuelle, HERCE Thiphanie, HERVE Julien, HEUDE Sophie, HOLTHOF Matthieu, HYVERNAULT Jérôme, IZAMBART Baptiste, JACQUELIN Sandrine, JANKOVIC Marko, JANSANA Marion, JAOUEN Rémi, JARRI Théo, JEAN-BAPTISTE James, JIMENEZ Giacomo, JOMAT Emilien, JOMAT Loïc, JOURDE Philippe, KANIA Gaëlle, KNOBLOCH Jean, LABIDOIRE David, LAFORGE Alexis, LAGORSSE Christophe, LALART Nathalie, LARTIGAU Christophe, LARTIGAU Moea, LATAPIE Sophie, LAVOUE Maxime, LE GUEN Anthony, LE GUEN Eddy, LE MOUEL Arnaud, LE NOZAHIC Anthony, LEBAILLIF Kévin, LEBOMEL

Mickaël, LEBON Patrick, LEC'HVIEN Arnaud, LEGOFF Philipe, LEMARCHAND Clément, LENOTRE Delphine, LESAGE Célia, LEUCHTMANN Maxime, LHOSTE Julien, LHOYER Kévin, LOISEAU Anne, LOPES-FERREIRA Lucie, LORENZINI Nicolas, LOUTFI Emilie, MAIANO Ennio, MAIANO Jennifer, MAIANO Sabrina, MAILLET-RODRIGUES Guillaume, MALIVERNET Sylvie, MARCHADOUR Benoît, MARECHAL Anatole, MARIOT Romain, MARMET Julie, MARQUAIRE Elsa, MARTEAU Mélanie, MARTIN Alexandre, MAS Mathilde, MATEO Arnoul, MAULINE Claude, MAYOT Bertrand, MEME-LAFOND Benjamin, MEME-LAFOND Cléa, MENAGE Matthieu, MENANT Julien, MERCIER Paulin, MEREL Floriane, MESSELET Philippe, MEUNIER Manon, MOINARD Mathieu, MONEUSE Steve, MONNIER Gildas, MOREAU Hugo, MOREAU Solène, MORIN Delphine, MORIN-PINAUD Sophie, MOTTEAU Elise, MULLER Emilie, NEAU Anaëlle, NEAU David, NERRON Alexis, NICOLAS Charlotte, ORSEAU Alexis, PAUTROT Meïlie, PEAULT Stéphanie, PELE Grace, PEPERSTRAETE Ingrid, PERRAULT Samuèle, PERROTIN Jean-Baptiste, PESLAY Rémi, PETIT Valentine, PHILIPPOT Noé, PICCININI Armando, PICHARD Adeline, PINAUD David, PLANCHE Guillaume, PLISSONNEAU Fabienne, POIRET Thomas, POITEVIN Caroline, PONS Florence, PONS Jean-Baptiste, PONS Marie-Odile, PONTIER Dominique, PORTIER Marin, POTTIER Annie-France, POIJOL Justine, POULAIN Camille, POUSSIN Marion, PRAT Flavien, PREAU Louis-Marie, PRECIGOUT Laurent, PRIOUL Yoann, PUAUD Ambroise, QUEKENBORN Delphine, QUERO Nolwenn, RAIMBOURG Pierre-Antoine, RAIMOND Roland, RAINARD Nicolas, REBEYROL Audrey, RENGUCCI Mélanie, RENOUX Alexis, REVEILLAUD Julie, RICAUD Marine, ROBERT Marine, ROCHARD Nicolas, ROCHIER Damien, ROMAN Mathilde, ROME Benjamin, ROQUES Olivier, ROUE Sébastien, ROUILLIER Philippe, ROULAND Thomas, ROUSSEL Nicolas, ROUY Quentin, ROY Florent, RUAULT Antoine, RUCHON Marius, SAINTHILLIER Fanny, SARAZIN Etienne, SARELS Chloé, SCHREIBER Aude, SENEAL Angélique, SERRA Jean-François, SERRES Céline, SIAUDEAU Henri, SIREYX François, SOUCHET Maxime, SUAREZ David, SUDRAUD Julien, TAPIERO Audrey, TEULIERE Jean-Michel, TEXIER Alain, TEXIER Lucie, THERY Morgane, THERY Paul, THOMAS Fabienne, TOURNAYRE Orianne, TUDOUX Joël, TURGIS Yann, URCUN Jean-Paul, URVOIS Thomas, VANNUCCI Olivier, VANTORRE Tristan, VARENNE François, VERON Dominique, VEZIN Clément, VIAL Héloïse, VIDAL Justine, VIELET Charlène, VILLEGGER Angélique, VINCENT Denis, VITTIER Julien, VIVERET Nolwenn, VOCCIA Steeve, VRIGNAULT Jean-Do, WEDLARSKI Florine, YOU Félix, YOU Guy-Noël.



Equipe de capture devant la colonie de Xaintray (79) et ses propriétaires (L-M Préau)

1. CONTEXTE DU PROGRAMME

L'ex-région Poitou-Charentes accueille une des plus importantes populations hibernantes de Grand rhinolophe (*Rhinolophus ferrumequinum*) en France avec plus de 8 000 individus. Au sein des colonies de parturition connues, les effectifs avoisinent les 3 000 individus.

L'ex-région porte ainsi une responsabilité particulière quant à la conservation de cette espèce à l'échelle nationale.

Les tendances évolutives calculées en 2015 sur la base des comptages réalisés en hiver depuis 1995 indiquent une augmentation régulière des effectifs sur la première moitié de la période considérée de plus de 40 %. L'exact inverse est constaté sur la seconde moitié de la période avec une diminution de 30 % entre 2005 et 2015 (Poitou-Charentes Nature, inédit). Ce constat alarmant a conduit à classer l'espèce Vulnérable (VU) sur la liste rouge des mammifères de Poitou-Charentes (Poitou-Charentes Nature, 2016).

A ce jour, plus de 40 gîtes de parturition sont connus dans la région, principalement dans le département des Deux-Sèvres. Malgré l'aspect favorable de nombreux autres secteurs géographiques sur l'ensemble des départements de l'ex Poitou-Charentes, il est difficile, à ce jour, d'expliquer le faible nombre de colonies de parturition connues en dehors des Deux-Sèvres. Ce dernier département n'abritant que peu de cavités souterraines, il est aujourd'hui démontré que l'essentiel des effectifs qui composent les colonies de parturition de ce département hibernent dans les départements et régions limitrophes (Maine-et-Loire, Vendée, Vienne, Charente, Charente-Maritime), et au-delà.

De par ses exigences écologiques, les menaces qui pèsent sur la population sont grandes (fermeture des gîtes, modifications des pratiques agricoles, utilisation massive de pesticides, infrastructures de transport, etc.).

De nombreux facteurs influent donc directement sur la reproduction, la dispersion, la survie des individus et donc sur le maintien de la population de Grand rhinolophe. Il est aujourd'hui essentiel d'améliorer nos connaissances sur les réseaux de gîtes utilisés (hivernaux comme estivaux), à l'échelle régionale et inter-régionale, de réaliser un état zéro de l'état sanitaire des populations et de travailler sur la structure et le fonctionnement de la population.

Un tel projet vise également à répondre aux exigences du 2nd Plan Régional d'Actions en faveur des Chiroptères (2013-2017) et du récent Plan Régional d'Actions en faveur des Chiroptères en Nouvelle-Aquitaine validé fin 2018 pour une durée de 8 ans (2018-2025).

Le programme d'étude sur le Grand rhinolophe a débuté en 2016 et est aujourd'hui financé pour une durée de 3 ans par la Région Nouvelle-Aquitaine, la DREAL Nouvelle-Aquitaine, le LabEx ECOFECT et les fonds européens FEDER. Il associe les différentes structures de Poitou-Charentes Nature travaillant sur les chiroptères (Deux-Sèvres Nature Environnement, Nature-Environnement 17, la LPO France, Charente Nature et Vienne Nature), le CREN Poitou-Charentes et développe aujourd'hui des partenariats avec de nombreuses autres associations en France.

Le présent rapport détaille les actions réalisées en 2018 et début 2019 (3^e et dernière phase du programme) et dresse un bilan des actions réalisées depuis 2016. Ce programme a vocation à se poursuivre à l'échelle de la Nouvelle-Aquitaine à partir de 2019 pour un minimum de 3 années supplémentaires.

2. OBJECTIFS, ACTIONS & INDICATEURS

OBJECTIFS :

Les objectifs de ce programme de 3 ans (2016-2018), sont les suivants :

- Connaissances des populations :
 - Recherche et localisation des colonies de mise bas ;
 - Etat des lieux des effectifs hivernants et tendances évolutives ;
 - Caractérisation des populations (identification des noyaux de population par prélèvements génétiques) ;
 - Etat sanitaire des populations (analyses éco-toxicologiques et éco-épidémiologiques) ;
 - Caractérisation du régime alimentaire

- Conservation des réseaux de gîtes et des connexions :
 - Identifier les connexions, les zones de fragmentation et les points noirs (modélisations, travaux d'écologie du paysage);
 - Caractériser les échanges inter-sites (transpondage) ;
 - Initier un partenariat avec la profession agricole (Chambre régionale et chambres départementales d'agriculture, réseau InPACT) ;
 - Poursuivre le partenariat entre les Collectivités locales et territoriales, les services de l'Etat, les CAUE, les APNE et les propriétaires privés volontaires ;
 - Informer et sensibiliser le grand public ;
 - Impliquer les propriétaires privés ou institutionnels dans la sauvegarde des chauves-souris en développant l'opération « Refuge pour les chauves-souris » ;
 - Renforcer le réseau SOS chauves-souris.

ACTIONS :

PHASE 1 (2016)

- Repérer l'ensemble des cavités souterraines, naturelles et artificielles afin d'organiser des comptages hivernaux simultanés à l'échelle régionale ;
- Échantillonner 10 sites d'importance dans la région (5 sites hivernaux et 5 sites estivaux) à raison de 50 prélèvements par site, soit 500 prélèvements par an ;
- Transponder 500 individus ;
- Poursuivre la déclinaison à l'échelle régionale de l'opération « Refuges pour les chauves-souris » ;
- Réaliser des animations (conférences et sorties nocturnes à la découverte des chauves-souris) sur des communes cibles ;
- Réaliser des animations auprès de la profession agricole ;
- Renforcer le réseau SOS chauves-souris (articles de presse et émissions de radio) ;
- Diffuser des plaquettes d'information sur les chauves-souris, notamment auprès des professionnels du bâtiment et de la profession agricole ;
- Réaliser une plaquette sur le Grand rhinolophe ;
- Former les bénévoles.

PHASE 2 (2017)

- Prospecter l'ensemble des cavités souterraines, naturelles et artificielles en hiver, lors de comptages simultanés à l'échelle régionale ;
- Échantillonner 10 sites d'importance dans la région (5 sites hivernaux et 5 sites estivaux) à raison de 50 prélèvements par site, soit 500 prélèvements par an ;
- Poursuivre la déclinaison à l'échelle régionale de l'opération « Refuges pour les chauves-souris » ;
- Réaliser des animations (conférences et sorties nocturnes à la découverte des chauves-souris) sur des communes cibles ;
- Réaliser des animations auprès de la profession agricole ;
- Renforcer le réseau SOS chauves-souris (articles de presse et émissions de radio) ;
- Diffuser des plaquettes d'information sur les chauves-souris, notamment auprès des professionnels du bâtiment et de la profession agricole ;
- Former les bénévoles.

PHASE 3 (2018)

- Prospecter l'ensemble des cavités souterraines, naturelles et artificielles en hiver, lors de comptages simultanés à l'échelle régionale ;
- Échantillonner 10 sites d'importance dans la région (5 sites hivernaux et 5 sites estivaux) à raison de 50 prélèvements par site, soit 500 prélèvements par an ;

- Poursuivre la déclinaison à l'échelle régionale de l'opération « Refuges pour les chauves-souris » ;
- Réaliser des animations (conférences et sorties nocturnes à la découverte des chauves-souris) sur des communes cibles ;
- Renforcer le réseau SOS chauves-souris (articles de presse et émissions de radio) ;
- Diffuser des plaquettes d'information sur les chauves-souris, notamment auprès des professionnels du bâtiment et de la profession agricole ;
- Former les bénévoles.

INDICATEURS – Phase 3

- 10 sites majeurs (hivernaux et estivaux) échantillonnés sur l'ensemble de la région chaque année ;
- 500 individus transpondés (500 par an) ;
- 25 refuges créés pour les chauves-souris (5 par structure par an) ;
- 8 interventions auprès de la profession agricole (2 par département et par an).

3. MATERIEL & METHODES

3.1. Technique de capture

Les opérations de captures se déroulent au printemps, en été (fin de période d'allaitement) et à l'automne à l'aide d'un ou plusieurs « Harp-Traps » (Cf. Figure 1 ci-dessous). Comme on peut le voir sur les images ci-dessous, les « harpes » sont composées de fils de nylon tendus verticalement et espacés de 3 cm les uns des autres. Plusieurs rangées de fils sont alors tendues et disposées en quinconce. Les chauves-souris percutent ensuite ces fils et tombent dans un réceptacle en tissu muni de rabats en plastique pour éviter leur remontée. Les chauves-souris restent alors confinées de cette manière en attendant leur manipulation. Les individus se regroupent dans la « poche » de la harpe, ce qui limite le stress et évite les déperditions de chaleur.

Cette technique de capture apparaît aujourd'hui la plus appropriée.

Elle permet en effet de gérer un flux important de captures tout en limitant le stress des individus comparativement à la capture au filet qui engendrerait dans notre cas des temps de démaillage supplémentaires et occasionnerait un stress important des chauves-souris et des risques forts de mortalité.



Figure 1 : « Harp-trap » installé devant une sortie de colonie (à Gauche) et Grands rhinolophes dans la « Harpe » à droite (L-M Préau)

Une seule capture par période et par site a été organisée afin de limiter au maximum le dérangement sur les espèces. Ainsi, une seule opération de capture a été organisée sur les colonies de parturition alors que 2 opérations ont pu avoir lieu sur les sites de transit (1 capture printanière et 1 capture automnale).

3.2. Prélèvements biologiques

Pour tenter de répondre aux différentes questions soulevées, le Groupe Chiroptères de Poitou-Charentes s'est associé avec le LabEx ECOFECT porté par l'Université de Lyon et le Laboratoire de Biométrie et de Biologie Evolutive (LBBE – UMR CNRS 5558). Une partie de l'important programme de recherche d'ECOFECT porte sur l'étude du fonctionnement des communautés de chauves-souris : dynamique des populations, comportements, dynamiques éco-évolutives des maladies infectieuses, et impact de l'environnement.

Plusieurs axes de recherche sont ainsi parallèlement abordés : génétique, éco-épidémiologie, éco-toxicologie, régime alimentaire, dynamique des populations, écologie du paysage et nécessitent de réaliser différents prélèvements sur les animaux capturés (patagium, poils, crottes, ectoparasites, sang). Le tableau (Tableau 1), ci-dessous détaille l'utilisation des différents prélèvements biologiques.

Tableau 1 : Détails sur l'utilisation des échantillons biologiques (JB PONS – LabEx ECOFECT)

Prélèvements	Objectifs
Peau	Analyses génétiques
Sang	Diagnostic agents infectieux - Ecotoxicologie
Poils	Analyses isotopiques, Dosages hormonaux, Ecotoxicologie
Fèces	Diagnostic agents infectieux Métagénomique – Régime alimentaire Ecotoxicologie
Ectoparasites	Recherche de vecteur d'agents infectieux

Les analyses épidémiologiques sont réalisées par les équipes d'ECOFECT du CIRI (Centre International de Recherche en Infectiologie), les analyses génétiques et du régime alimentaire par le Centre de Biologie pour la Gestion des Populations (CBGP/INRA) de Montpellier. Concernant les problématiques portant sur l'écologie du paysage et la modélisation cartographique, le Groupe Chiroptères de Poitou-Charentes travaille en collaboration avec le Centre d'Etudes Biologiques de Chizé (CEBC/CNRS-ULR). Enfin, les premières analyses toxicologiques portant sur les éléments traces métalliques (ETM) ont été réalisées par le laboratoire CHRONO Environnement de Besançon.

3.3. Marquage individuel

Pour aborder les aspects concernant la dynamique des populations, il a été décidé de marquer individuellement les Grands rhinolophes par transpondage (implantation sous-cutanée d'une puce RFID). Les transpondeurs utilisés sont des APT12 FDX-B de chez Biomark®. Ils mesurent 12.5 mm de long, 2.12 mm de large et pèsent 115 mg (Cf. Figure 2 ci-après).

Le choix a été fait ici de la technologie RFID « Full-Duplex » (FDX), pour permettre une lecture optimale des transpondeurs à grande vitesse (en vol), ce que ne permet pas la technologie RFID « Half-Duplex » (HDX). C'est pourquoi notre choix s'est tourné vers Biomark®, seul fabricant à avoir développé cette technologie à la fois pour la fabrication des transpondeurs mais aussi des antennes et des lecteurs.

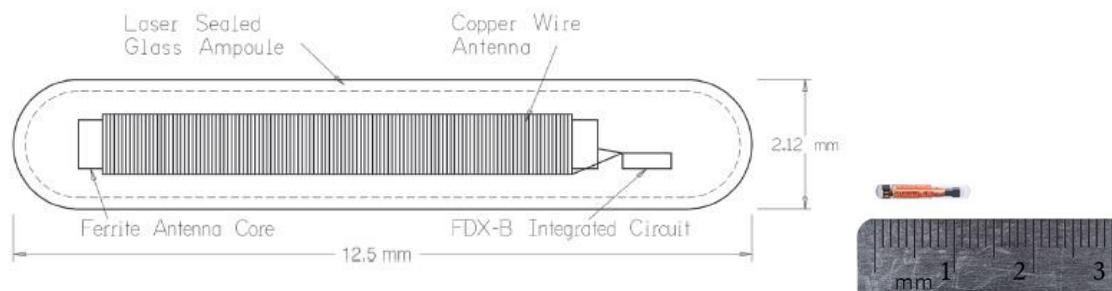


Figure 2 : Dimensions et composition des transpondeurs APT12 de chez Biomark® à gauche et photo à droite.

A notre connaissance, il s'agit d'une première sur les *Rhinolophidae* bien que de nombreuses études sur les chiroptères dans le monde utilisent désormais cette méthode de marquage. Précisons que cette méthode de marquage a été préférée au baguage qui peut entraîner de sérieuses lésions chez les Rhinolophes (bien qu'étant adaptée sur d'autres espèces selon les problématiques posées).

3.4. Effort de contrôle

3.4.1. Lecteurs autonomes

Depuis l'été 2016, différents dispositifs automatiques ont été installés pour contrôler les individus marqués et ainsi obtenir des informations sur les liens entre les sites, les phénologies d'utilisation, etc.

Ces systèmes automatiques sont soit des « antennes-cordes », soit des portiques (ou « antennes-cadres » carrées ou rectangulaires), raccordés à une station d'acquisition IS1001 ou à un lecteur type HPR+ de chez Biomark® (Figure 3 et Figure 4 ci-après). Ces systèmes sont alimentés soit par des batteries, soit directement sur secteur à condition que le réseau électrique soit proche.

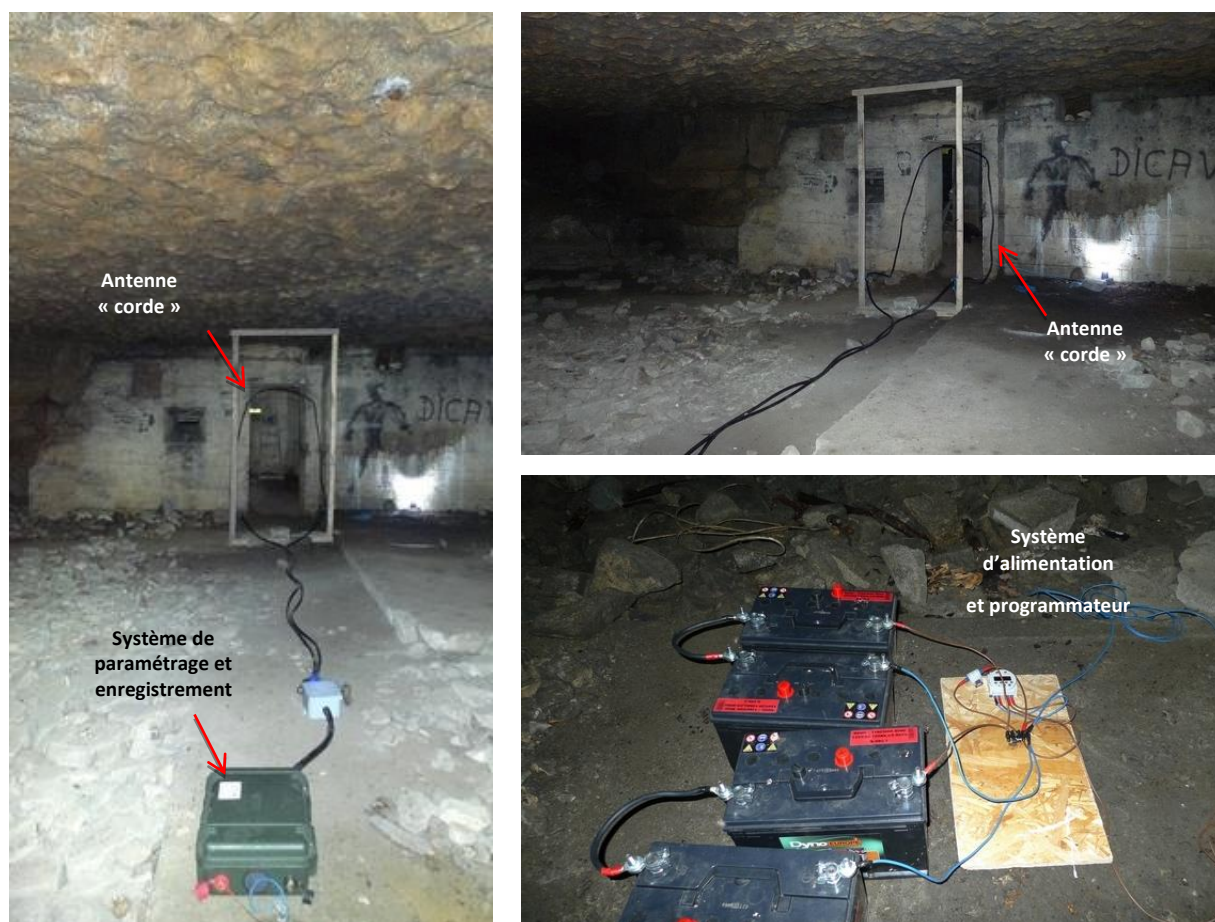


Figure 3 : « Antenne corde » installée à Saint-Michel-le-Cloucq (85) (M. Leuchtmann)



Figure 4 : « Antenne corde » installée à Melle (79) à gauche et « antenne-cadre » installé à Annepont (17) (M. Leuchtmann)

Enfin, la majorité des sites échantillonnés lors des opérations de capture sont également suivis de façon temporaire. Le coût du matériel, les difficultés d'accès, l'absence de réseau électrique sur certains sites, etc., ne nous permettent pas de les suivre dans leur ensemble en continu.

3.4.2. Lecteurs manuels

Des systèmes manuels permettent également de contrôler les individus durant l'hibernation (lecteurs HPR et GPR+ de chez Biomark®). Les lecteurs GPR+, aussi utilisés lors des opérations de capture pour lire à la table les individus, ont une distance de lecture d'environ 5 à 10 cm.

Les lecteurs HPR+, principalement utilisés lors des prospections hivernales, ont une distance de lecture d'environ 30 cm et permettent de limiter fortement le dérangement des individus en hibernation (Figure 5 ci-dessous).



Figure 5 : Contrôles hivernaux des Grands rhinolophes à l'aide de lecteurs manuels HPR+ sur perche de chez Biomark (JB. Pons & M. Leuchtmann)

3.5. Evaluation des différentes opérations

L'objectif est ici de mettre en place un ensemble de pratiques et de mesures pour limiter et évaluer l'incidence éventuelle des opérations de capture, de marquage et de prélèvement sur les individus.

3.5.1. Opérations de capture

Lors des opérations de capture, différentes pratiques sont mises en œuvre afin de limiter au maximum le dérangement des individus. L'ensemble des opérations réalisées sur les individus et leur enchaînement sont le résultat d'une saison « test » réalisée en 2015 puis ont été affinées durant le début de la seconde saison en 2016 :

1. Les opérations de captures se déroulent en dehors de la période de gestation des Grands rhinolophes ;
2. Les captures se réalisent à l'aide d'un ou plusieurs « harp-trap ». L'absence de démaillage et le temps limité de contention individuelle limite ainsi le stress et le refroidissement des individus (bien moins impactant qu'un filet dans notre cas) ;
3. La « harpe » est positionnée devant l'entrée du gîte ou à proximité sur une route de vol. Elle reste en place durant au moins la sortie des Grands rhinolophes (environ 1h) puis est retirée afin de libérer le plus rapidement possible l'accès au gîte ;
4. Lors des soirées « fraîches », au printemps et en automne notamment, une couverture chauffante alimentée par une batterie de 12V est positionnée à l'intérieur de la « harpe » pour éviter le refroidissement des individus ;
5. Les individus capturés sont emmenés au fur et à mesure à la table de travail dans un sac de contention individuel pour les différentes manipulations puis relâchés le plus rapidement possible ;
6. Les individus sont systématiquement manipulés avec des gants ;
7. La table de travail est organisée généralement sous un barnum de 6*3m(Figure 6) pour parer à toutes conditions météorologiques qui se dégraderaient durant la session de capture ;



Figure 6 : Barnum installé à proximité de la colonie (M. Leuchtman)

8. Les instruments de mesure sont installés sur une table, protégée par un morceau de moquette afin de limiter le bruit lors de l'utilisation des différents matériels sur la table ;
9. La table de travail (Figure 7) est organisée de la manière suivante :



Figure 7 : Table de travail avec les différents opérateurs (LPO 49)

- Les individus sont manipulés dans leur ordre d'arrivée à la table de travail ;
- Un opérateur réalise la pesée directement en plaçant le sac de contention contenant l'individu dans un réceptacle sur une balance électronique. Ceci évite de sortir l'individu du sac, de réaliser les différentes manipulations puis de devoir le remettre en sac pour réaliser la pesée à la fin avec un peson gradué comme ceci est souvent pratiqué (mesure moins précise et manipulation supplémentaire) ;
- Le même opérateur sort l'individu du sac après la pesée et réalise les mesures biométriques (AB, D3, D5 - Figure 8), il âge l'individu, le sexe et caractérise son état sexuel. Pour la détermination de l'âge, différentes classes d'âge sont utilisées et sont basées sur les classes d'âge utilisées chez les oiseaux (Cf. annexe 1) ;



Figure 8 : Mesures du 5^{ème} doigt (D5) chez un Grand rhinolophe (LPO 49)

- Un opérateur voisin vérifie la présence de guano dans le sac qu'il collecte à l'aide d'un cure-dents à usage unique. Le guano est ensuite stocké dans une glacière puis placé au congélateur le plus rapidement possible après la session de capture ;

- Le même opérateur réalise la prise des poils (Figure 9), qui sont collectés par un opérateur voisin et stockés secs dans un pilulier ;

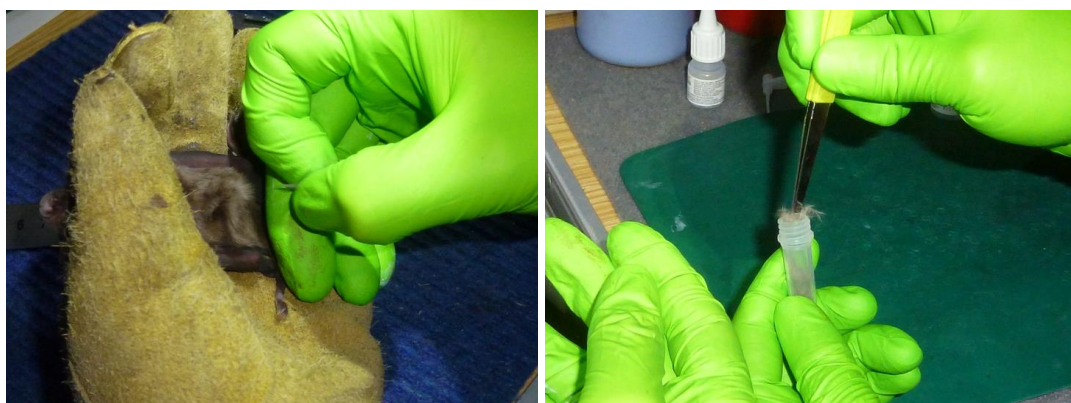


Figure 9 : Prise de poils chez un Grand rhinolophe et stockage dans un pilulier (LPO 49)

- Le 1^{er} opérateur présente l'individu à l'opérateur voisin qui réalise également la biopsie de patagium (Figure 10) qu'il stocke à son tour dans un pilulier rempli d'alcool ;



Figure 10 : Biopsie de patagium (punch) chez un Grand rhinolophe (LPO 49)

- Si l'individu est parasité, les parasites sont également collectés et stockés directement dans l'alcool ;
- De la même manière, c'est l'opérateur voisin qui insère le transpondeur (Figure 11), sous la peau de l'animal et applique une colle chirurgicale (type Vetbond) sur la plaie en prenant soin de ne pas renfermer de poils dans la plaie ;

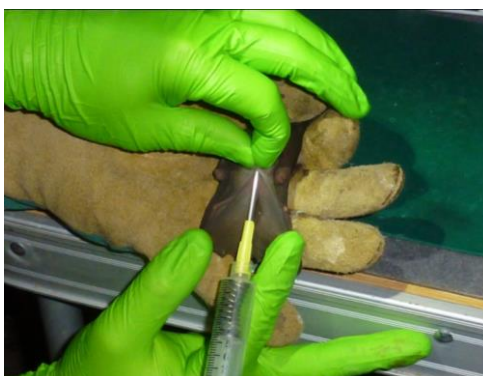


Figure 11 : Insertion sous-cutanée d'un transpondeur chez un Grand rhinolophe (LPO 49)

- Le second opérateur réalise également la prise de sang (Figure 12 - 50 à 100 μ l selon le poids de l'animal) puis applique sur la plaie un coton le temps de stopper l'hémorragie ;



Figure 12 : Prise de sang chez un Grand rhinolophe (J. DECHARTRE)

- L'animal est ensuite confié à un troisième opérateur qui assure un point de compression avec le coton appliqué sur la plaie et attend quelques secondes que l'hémorragie soit stoppée puis il relâche l'animal dans un endroit calme ;
- Durant les différentes manipulations de l'individu, un quatrième opérateur est en charge du stockage et de l'archivage des prélèvements (Figure 13), qui sont numérotés pour être rattachés à l'individu ;



Figure 13 : Stockage et archivage des prélèvements, les couleurs différencient les types de prélèvements (J. Dechartre)

- Un cinquième opérateur est en charge de la préparation des transpondeurs (Figure 14) qu'il désinfecte à l'alcool et qu'il insère dans une seringue prévue à cet effet. Il lit avec attention le numéro du transpondeur qu'il indique à voix haute aux deux opérateurs en charge de la prise des notes ;



Figure 14 : Préparation d'un transpondeur (LPO 49)

- Un sixième opérateur est en charge de la prise de notes sur un bordereau papier ;
- Un septième opérateur est en charge de la prise de note sur informatique en parallèle de la prise de note sur papier ;
- Un à deux opérateurs assurent les allers-retours entre la « harpe » et la table de travail pour acheminer régulièrement les individus.

Ces opérations de capture nécessitent ainsi un minimum de 8 à 9 personnes. Plusieurs postes de manipulation peuvent ensuite être ajoutés selon le nombre et l'expérience des participants pour gagner du temps.

Entre la récupération de l'individu dans la « harpe » et son relâcher, il s'écoule entre 5 et 7 minutes maximum pour réaliser l'ensemble des opérations.

Le lendemain (moins de 12h après), les prises de sang sont centrifugées (Figure 15), afin de séparer le sérum du culot sanguin. Le tout est stocké dans une glacière à -80°C.



Figure 15 : Centrifugation des prises de sang (J. Dechartre)

Les données saisies la veille sont vérifiées et complétées chaque jour.

3.5.2. Suivi des sites d'hibernation

La très grande majorité des sites d'hibernation sont comptés annuellement (Figure 16). Les sites majeurs sont comptés de façon simultanée à l'échelle de Poitou-Charentes lors d'un week-end fin janvier.



Figure 16 : Prospection hivernale dans une carrière souterraine (JB Pons), et Rhinologger, enregistreur d'activité spécifiquement développé pour le suivi des Rhinolophes.

Les Grands rhinolophes sont systématiquement lus (sous réserve qu'ils soient positionnés à une distance acceptable) à l'aide des lecteurs manuels détaillés plus haut. Les synthèses de ces comptages sont réalisées annuellement.

Lors de certains comptages réalisés l'hiver 2016-2017, des tests réalisés avec une caméra thermique ont été effectués afin d'évaluer si le fait de « scanner » les Grands rhinolophes avec les lecteurs contribuait à un dérangement plus important que le fait de seulement les compter en les éclairant.

Enfin, un certain nombre de sites de transit/hibernation sont désormais suivis grâce à des enregistreurs d'activité acoustique (Rhinologgers - Figure 16) développés par Jean-Do Vignault, bénévole du Groupe Chiroptères des Pays-de-la-Loire. Ces enregistreurs comptabilisent le nombre de contacts des différentes espèces de Rhinolophes. Ils permettent ainsi de suivre et d'étudier la phénologie d'utilisation de ces sites peu suivis en dehors des comptages hivernaux. Equipés d'une sonde de température et d'humidité, l'appareil enregistre également ces variables. Une carte SIM intégrée permet l'envoi d'un SMS quotidien afin de suivre le bon fonctionnement de l'appareil et l'activité des Rhinolophes jours après jours.

3.5.3. Suivi des colonies de parturition

Afin de suivre annuellement les colonies mais aussi pour évaluer l'éventuel impact des opérations, la majorité des colonies de parturition du Poitou-Charentes sont comptées annuellement. Ces comptages se déroulent au détecteur ultrasonore par un observateur posté en sortie de gîte. Ils se déroulent sur une à deux semaines courant juin avant l'émancipation des jeunes. L'objectif est bien ici de suivre les effectifs avant naissance ou envol des jeunes.

Ces comptages au détecteur à ultrasons (Figure 17), n'engendrent aucun dérangement.

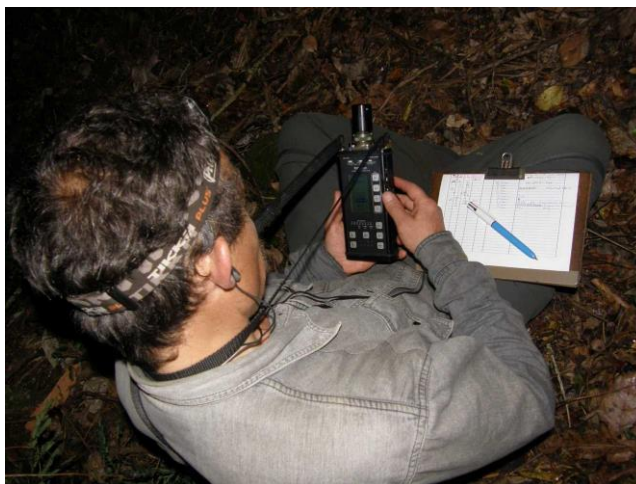


Figure 17 : Comptage au détecteur en sortie de gîte (M. Barataud)

Une colonie située à Annepont (17) est également suivie par vidéo-surveillance (Figure 18). Les caméras sont accessibles en direct sur internet. L'intérieur du gîte est éclairé grâce à plusieurs projecteurs infrarouges.



Figure 18 : Image de Grands rhinolophes avec jeunes de la colonie d'Annepont (17) (M. Leuchtmann)

Dans le cadre d'une étude sur les terrains de chasse des Grands rhinolophes de cette même colonie d'Annepont (17), 20 femelles allaitantes ont été équipées d'émetteur radio VHF

miniaturisés (Cf. Figure 19) et suivies durant 12 jours consécutifs en juillet 2016 et en juillet 2017.

Toutes les femelles ont également été marquées avec un transpondeur et toutes ont fait l'objet des différents prélèvements dont il est question plus haut. Ces suivis ont notamment constitué la base du travail sur les connectivités paysagères développées plus loin.



Figure 19 : Grand rhinolophe équipé d'émetteur à gauche (E. Jomat), et suivi télémétrique nocturne à droite (Ondine Filippi-Codaccioni)

4. RESULTATS

4.1. Suivis des sites d'hibernation et tendances évolutives

4.1.1. Données générales

Les premières données informatisées dont nous disposons concernant le suivi des sites d'hibernation en Poitou-Charentes datent de 1983. Depuis plus de 30 ans, ces suivis se déroulent annuellement mais le nombre de sites suivis reste très différent d'une année à l'autre. C'est pourquoi, un des objectifs de ce programme est d'assurer un suivi le plus standardisé possible en dénombrant la plupart des sites d'hibernation au sein de l'ex région Poitou-Charentes, et ce, afin de disposer de données robustes pour l'évaluation des tendances évolutives des espèces dénombrées.

C'est pourquoi, dans cette partie, il ne sera pas uniquement question du Grand rhinolophe mais bien de l'ensemble des espèces comptées au sein des sites d'hibernation de l'ex Poitou-Charentes.

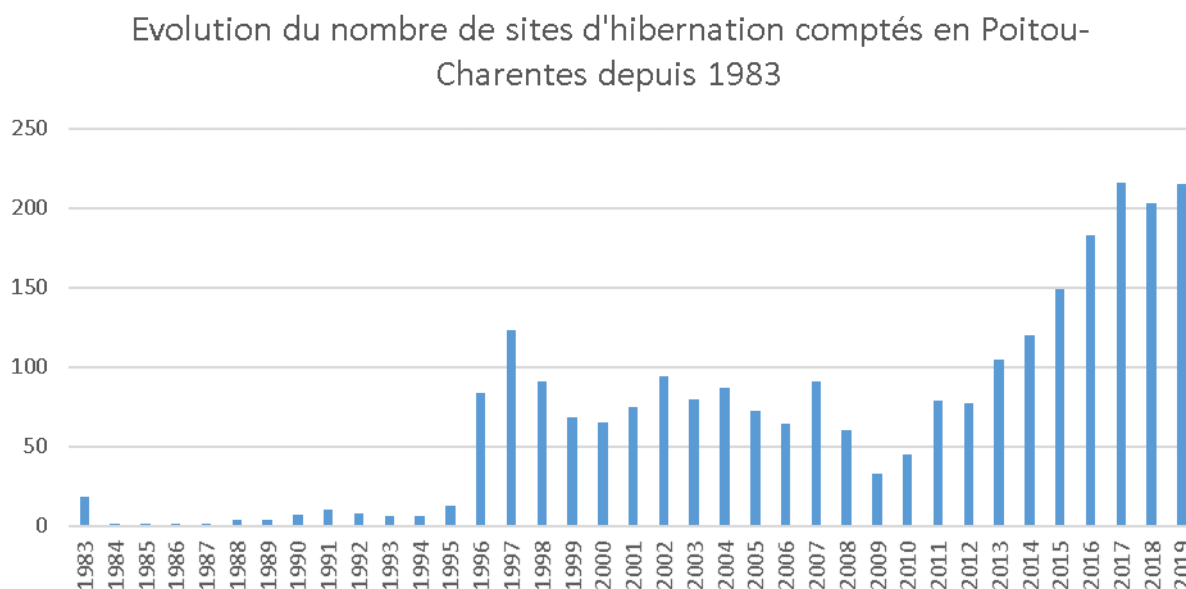


Figure 20 : Nombre de sites d'hibernation comptés en Poitou-Charentes depuis 1983

Le graphique ci-dessus (Figure 20), montre l'évolution du nombre de sites d'hibernation comptés depuis 1983. On constate que l'effort de comptage augmente fortement à partir de 1996, année qui correspond au lancement de la première démarche d'atlas des chauves-souris de Poitou-Charentes par Poitou-Charentes Nature et ses associations membres.

C'est ensuite depuis le lancement de ce programme sur le Grand rhinolophe en 2016 que plus de 150 sites sont suivis annuellement en ex Poitou-Charentes.

Ces comptages permettent de dénombrer annuellement plus de 10 000 chauves-souris depuis 1987 et aujourd'hui régulièrement plus de 20 000 comme le montre la Figure 21 ci après.

Ces chiffres traduisent bien l'étendue du travail à accomplir pour assurer un suivi fiable dont les données seront exploitables et robustes sur le long terme. L'objectif étant, au travers de ces suivis, de dégager les tendances évolutives des populations de chauves-souris sur le territoire.

Ils démontrent aussi l'importance de la standardisation de tels suivis et la nécessité de mobiliser des moyens humains et financiers indispensables pour ces prospections hivernales.

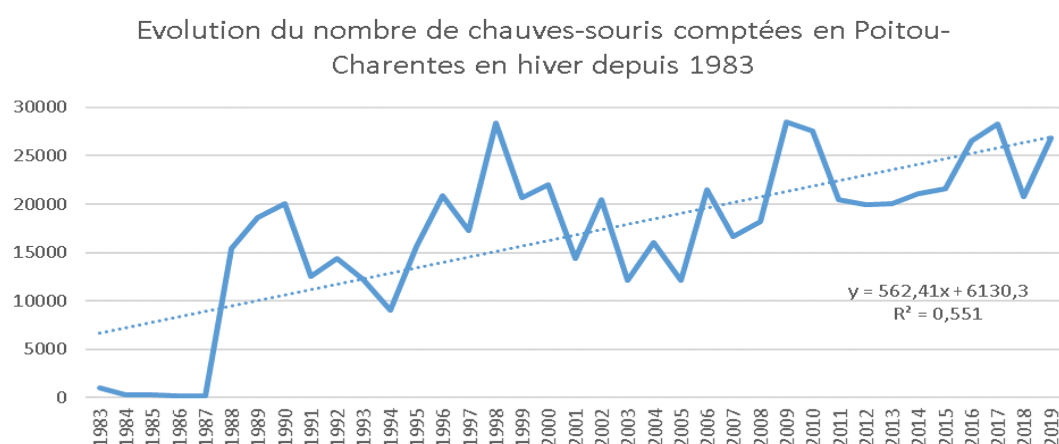


Figure 21 : Nombre de chauves-souris comptées en Poitou-Charentes depuis 1983

Les fortes fluctuations interannuelles observées sont principalement liées aux variations importantes du nombre de sites suivis par an mais aussi aux très fortes variations des effectifs du *Minioptère de Schreibers* dans ses principaux bastions du département de la Charente.

On observe ainsi que le nombre de sites suivis est en constante augmentation sur la période, sauf pour le département des Deux-Sèvres (79).

Le nombre de sites suivis augmente sensiblement pour chaque département (Figure 22), depuis la mise en œuvre des différents programmes d'étude et de conservation des chauves-souris en ex Poitou-Charentes (2008), programmes qui ont permis de mobiliser les salariés et bénévoles des associations de Poitou-Charentes Nature.

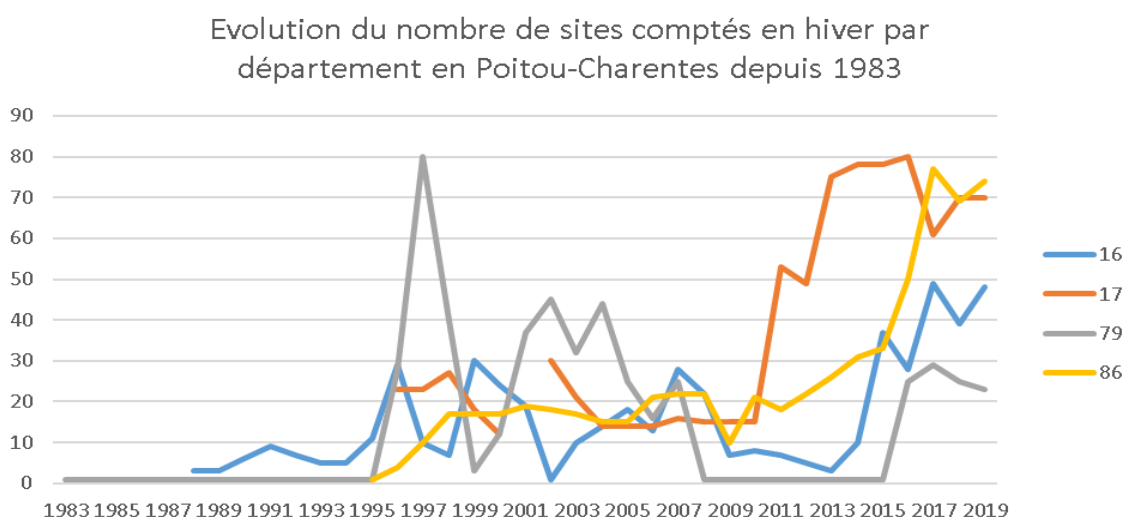


Figure 22 : Nombre de sites comptés en hiver par département en Poitou-Charentes depuis 1983

Comme expliqué plus haut, le nombre de chauves-souris comptées par an varie fortement en fonction des effectifs comptés en Charente et principalement ceux du Minioptère de Schreibers (Figure 23).

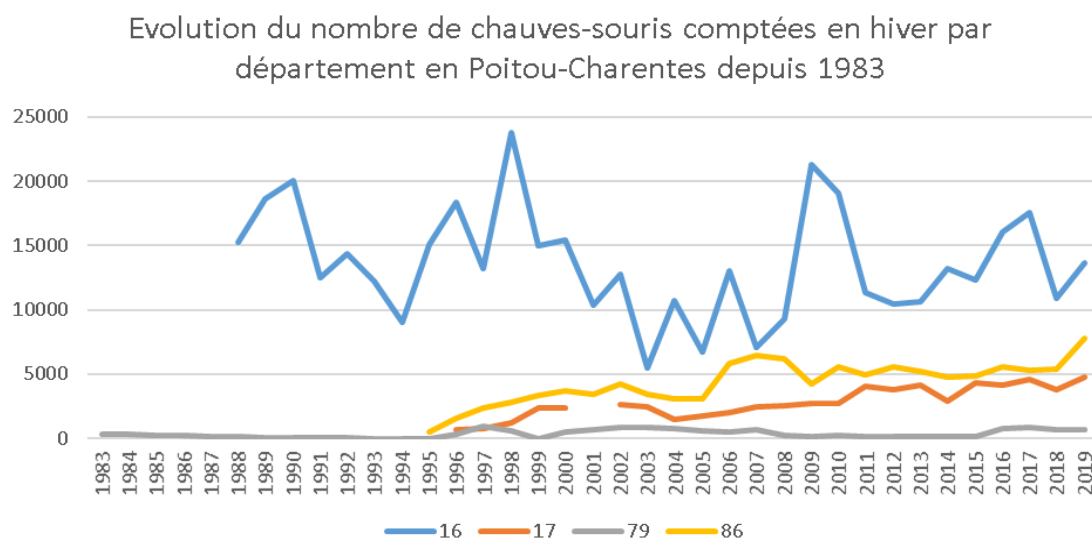


Figure 23 : Nombre de chauves-souris comptées en hiver par département en Poitou-Charentes depuis 1983

On observe que le nombre de chauves-souris comptées par département et par an (Figure 23) est en augmentation régulière pour la Charente-Maritime et la Vienne, départements où l'augmentation du nombre de sites suivis a été le plus important ces dernières années.

Il est relativement stable pour les Deux-Sèvres et très fluctuant pour la Charente (dépendant des effectifs de Minioptère de Schreibers).

On note également une absence de données pour la Charente-Maritime pour l'année 2001, probablement liée à l'absence d'informatisation des données cette année-là.

4.1.2. Espèces et tendances évolutives

Lors des prospections hivernales, 23 espèces sur les 26 que compte l'ex-région Poitou-Charentes (28 en Nouvelle-Aquitaine) ont déjà été recensées au moins une fois depuis 1983.

Cependant, les particularités écologiques de nombre d'entre elles induisent une forte variabilité des effectifs comptés annuellement l'hiver. Les effectifs de la Barbastelle d'Europe, du Petit rhinolophe, sont par exemple très dépendants des vagues de froid intenses et prolongées qui peuvent survenir et qui concentrent alors les individus dans les cavités souterraines où la température est plus stable.

Les différentes espèces de *Myotis*, principalement fissuricoles, deviennent très difficiles à détecter l'hiver, à l'exception du Grand murin et du Murin à oreilles échancrées pour lesquels les comptages restent relativement fiables. Enfin, d'autres espèces sont notées de façon anecdotique dans les sites souterrains, c'est le cas pour les Pipistrelles, Noctules, et la Sérotine commune par exemple.

Le tableau (Tableau 2) ci-dessous synthétise les effectifs maximums obtenus dans chaque département pour 11 d'entre elles depuis 1983 ainsi que l'année record pour l'effectif maximum noté au sein de l'ex Poitou-Charentes.

Tableau 2 : Synthèse des effectifs maximums pour 11 espèces de chauves-souris par département et pour l'ex région Poitou-Charentes et estimations SFEPM de 2014.

Nom vernaculaire	Nom latin	16	17	79	86	Poitou-Charentes	Année Effectif max	Estimations 2014 (SFEPM)
Murin à oreilles échancrées	<i>Myotis emarginatus</i>	1424	975	39	3430	5819	2019	4100
Grand rhinolophe	<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>	3587	2579	669	2055	8380	2019	7000
Grand murin	<i>Myotis myotis</i>	287	106	34	767	967	2007	1100
Minioptère de Schreibers	<i>Miniopterus schreibersii</i>	23000	25	3	1	23001	1998	10020
Rhinolophe euryale	<i>Rhinolophus euryale</i>	144	307	0	749	878	2019	780
Petit rhinolophe	<i>Rhinolophus hipposideros</i>	462	1404	94	240	2069	2017	1400
Barbastelle d'Europe	<i>Barbastella barbastellus</i>	914	93	8	13	931	2010	645
Oreillard roux	<i>Plecotus auritus</i>	269	28	5	6	304	2019	NA
Murin à moustaches	<i>Myotis mystacinus</i>	276	122	102	838	1299	2019	850
Murin de Daubenton	<i>Myotis daubentonii</i>	77	36	68	152	284	2019	NA
Murin de Natterer	<i>Myotis nattereri</i>	41	44	19	16	113	2019	NA
Murin de Beschtein	<i>Myotis beschteinii</i>	9	70	3	16	75	2007	20

On note ainsi une nette amélioration des connaissances quant à ces effectifs depuis la synthèse nationale réalisée par la SFEPM en 2014 (S. Vincent, coord.) qui concernait les espèces inscrites à l'Annexe II de la directive « Habitats-Faune-Flore » de 1992.

Pour le Murin à oreilles échancrées, les effectifs de 2014 faisaient état de 4 100 individus en hiver alors que les chiffres récents mentionnent un record de 5 819 individus en 2019.

Le constat est le même pour le Grand rhinolophe, le Rhinolophe euryale, le Petit rhinolophe ou encore le Murin à moustaches pour lesquels l'année 2019 note le record d'effectifs pour ces espèces.

Pour le Minioptère de Schreibers, la moyenne des effectifs comptés depuis 2014 est de 9 090 individus avec un maximum noté en 2017 de 12 048 individus. Il est cependant inférieur à 7 000 individus en 2018 et 2019...

Pour les raisons évoquées précédemment, les tendances évolutives basées sur les comptages hivernaux ne sont statistiquement significatives que pour les 4 premières espèces (Murin à oreilles échancrées, Grand rhinolophe, Grand murin et Minioptère de Schreibers).

Celles-ci ont été calculées en utilisant des modèles linéaires généralisés (GLM) avec une erreur de distribution de Poisson (Crawley, 2009) par l'estimateur TRIM (TRends & Indices for Monitoring data, Pannekoek & Van Strien, 2005).

Ces tendances ont été calculées grâce à un script mis au point sur le logiciel R et développé par l'UMR CESCO-MNHN.

Ce dernier indice de tendance est aujourd'hui classiquement utilisé pour calculer les tendances évolutives des populations d'oiseaux ou de chauves-souris et sert ainsi de standard européen.

Pour ses calculs, la période 1995-2019 a été prise en compte, le peu de données entre 1983 et 1995 ne nous permet malheureusement pas de les prendre en compte dans ces analyses.

Pour chaque espèce considérée et pour chaque année, l'analyse a pris en compte les gîtes pour lesquels les effectifs minimums et moyens étaient supérieurs à 1. C'est pourquoi les chiffres correspondant à la colonne « Réel 2019 » sont légèrement différents des effectifs maximums relevés réellement et repris dans le Tableau 2 précédent.

Rappelons que ces tendances se basent sur les comptages réalisés en hiver au sein de l'ex-Poitou-Charentes. Il conviendrait, pour consolider l'analyse et les chiffres présentés, de prendre en compte les effectifs sur l'ensemble de l'aire biogéographique des espèces considérées, notamment du fait des échanges importants et à grande échelle connus pour certaines de ces espèces (Grand rhinolophe, Grand murin, Minioptère de Schreibers). Les analyses des déplacements chez le Grand rhinolophe détaillées dans ce rapport montrent que la « vision » des effectifs hivernaux en ex-Poitou-Charentes ne permettent pas de tirer des conclusions quant à l'évolution réelle de ses tendances évolutives.

Le tableau (Tableau 3) ci-après synthétise les résultats issus de ces analyses de tendances.

Pour chacune des 4 espèces analysées, les graphiques issus des analyses TRIM montrent, pour le premier, la tendance et l'écart à cette courbe (courbe rouge), les effectifs réels comptés (courbe pleine noire) et l'estimation des effectifs et écarts-types (courbe pointillés bleus).

Au sein de l'ex-Poitou-Charentes, nous constatons que les tendances sont positives pour le Grand rhinolophe et le Murin à oreilles échancrées alors qu'elles montrent une baisse inquiétante des effectifs pour le Grand murin et le Minioptère de Schreibers.

Tableau 3 : Résultats des modèles linéaires généralisés (GLMs) par l'estimateur TRIM pour 4 espèces entre 1995 et 2019 en ex Poitou-Charentes.

Nom vernaculaire	Nom latin	Période	Tendance totale (%)	Tendance annuelle (%)	Confiance à 95 %	Réel compté 1995	Estimation 1995	Réel compté 2019	Estimation 2019	Commentaires
Murin à oreilles échancrées	<i>Myotis emarginatus</i>	1995-2019	+158,8	5,2	0,54	256	1247	5802	4381	Forte augmentation
Grand rhinolophe	<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>	1995-2019	+17,9	0,8	0,29	1004	9203	8347	10305	Faible augmentation
Grand murin	<i>Myotis myotis</i>	1995-2019	-38,2	-1,5	0,56	131	927	809	709	Diminution
Minioptère de Schreibers	<i>Miniopterus schreibersii</i>	1995-2019	-71,6	-4,1	1,16	14000	22302	6942	12054	Forte diminution

✓ **Murin à oreilles échancrées**



©Matthieu DORFIAC

Pour cette espèce, la tendance évolutive est impressionnante (Figure 24), puisqu'il est noté une augmentation de près de 160 % en 25 ans avec un accroissement annuel de 5,2 % (+/- 0,54 %). Les effectifs auraient été multipliés par 3,19 depuis 1995.

Les sites qui influent le plus sur cette tendance sur la période considérée au sein de l'ex-Poitou-Charentes sont presque tous des sites du département de la Vienne (à l'exception de Saint-Même-les-Carrières en Charente) :

- Les carrières de Saint-Même-les-Carrières (procédure ZNIEFF en cours) ;
- Le Puits de la Bossée (Aven de Mazaire) à Saint-Pierre-de-Maillé (Natura 2000) ;
- Les carrières des Lourdines et des Sablons à Migné-Auxances (Natura 2000) ;
- La grotte de Boisdichon à Angles-sur-l'Anglin (Natura 2000) ;
- La carrière des Pieds Grimauds à Sénillé (Natura 2000).

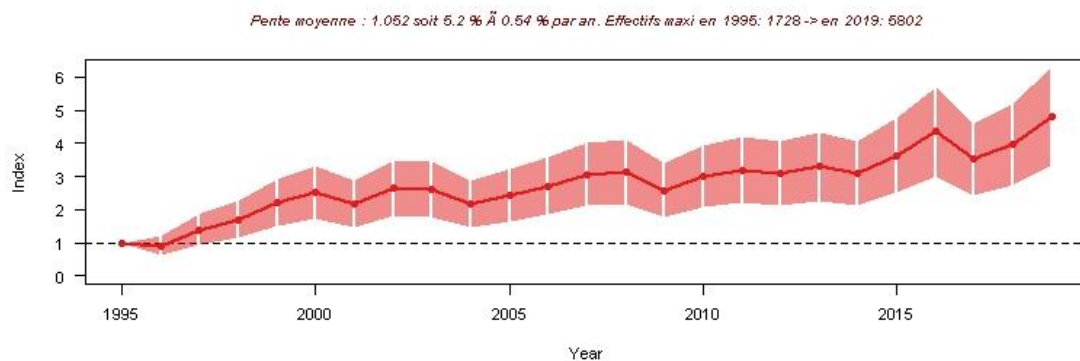
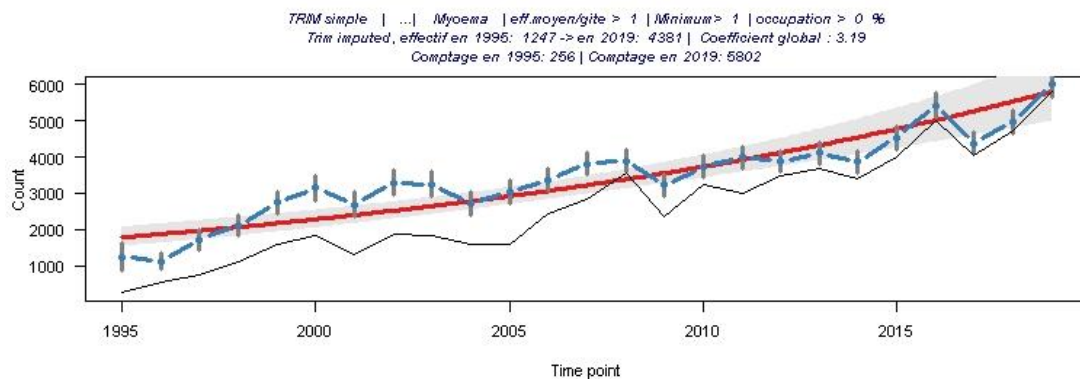


Figure 24 : Tendances évolutives du Murin à oreilles échancrées en ex Poitou-Charentes de 1995 à 2019.

✓ Grand rhinolophe



Pour cette espèce, les tendances calculées en 2015 sur la période 1995-2015 n'étaient pas significatives. Cependant, sur la période 1995-2005, une augmentation de près de 40 % était notée alors qu'une diminution de près de 30 % était notée sur la période 2005-2015, estimations qui ont conduit au classement de l'espèce comme « Vulnérable » sur la liste rouge des mammifères de Poitou-Charentes (PCN, 2016).

Un important travail sur la base de données et l'augmentation de la standardisation et de la pression du suivi hivernal permet de montrer aujourd'hui une augmentation significative de la population de Grand rhinolophe au sein de l'ex Poitou-Charentes de près de 18 % en 25 ans (Figure 25). Toutefois on constate un accroissement annuel très faible de 0,8 % (+/- 0,29 %). Les effectifs auraient été multipliés par 1,2 depuis 1995.

Ces résultats sont en accord avec les analyses réalisées sur les données de génétique des populations (Tournayre, O., 2019) qui montrent une stabilité de la population.

Les sites qui influent le plus sur cette tendance sur la période considérée au sein de l'ex-Poitou-Charentes sont :

- Les carrières des Chaudrolles à Saint-Sulpice-de-Cognac (site Natura 2000 de la Vallée de l'Antenne) ;
- Les grottes de Loubeau à Melle (Natura 2000) ;
- Les carrières de Fief-de-Foye à Saint-Sulpice d'Arnoult (Natura 2000) ;
- Les carrières de Saint-Savinien (Natura 2000) ;
- Les carrières de Saint-Même-les-Carrières (procédure ZNIEFF en cours).

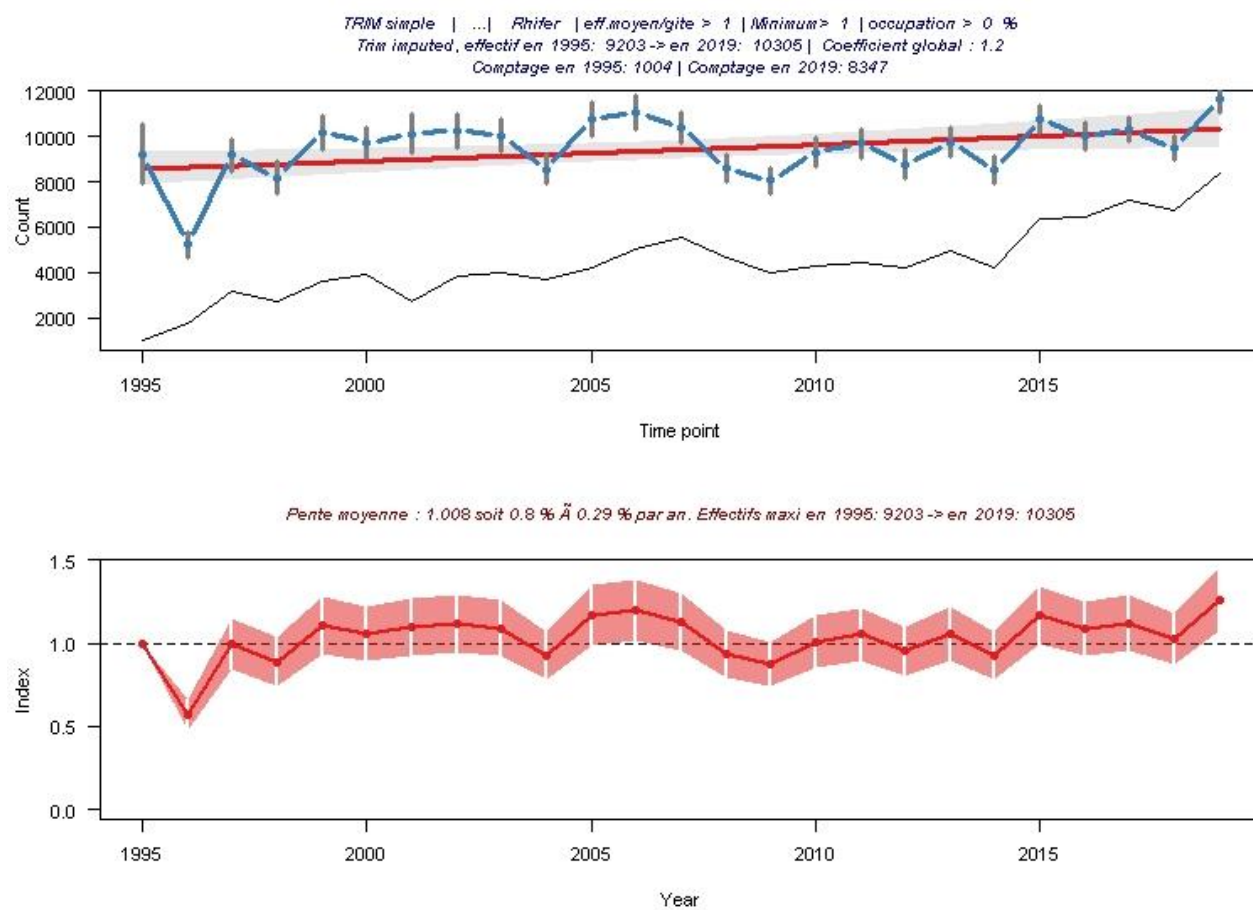


Figure 25 : Tendances évolutives du Grand rhinolophe en ex Poitou-Charentes de 1995 à 2019.

✓ **Grand murin**



Le Grand murin connaît une diminution importante de ses effectifs sur la période, de près de 40 % (Figure 26) avec une tendance annuelle de -1,5 % (+/- 0,56 %). Cette baisse semble principalement liée à un effondrement de ses effectifs sur les sites majeurs de l'espèce dans le département de la Vienne.

Considéré comme de « préoccupation mineure » sur la liste rouge (PCN, 2016), son statut mériterait, à la lumière de ces données, d'être réévalué.

Les sites qui influent le plus sur cette tendance sur la période considérée au sein de l'ex Poitou-Charentes sont presque tous des sites du département de la Vienne (à l'exception de Saint-Même-les-Carrières et Rancogne en Charente) :

- Les carrières de Saint-Même-les-Carrières (procédure ZNIEFF en cours) ;
- La grotte de Rancogne (Natura 2000) ;
- Le Puits de la Bossée (Aven de Mazaire) à Saint-Pierre-de-Maillé (Natura 2000) ;
- La grotte de Boisdichon à Angles-sur-l'Anglin (Natura 2000) ;
- La carrière des Pieds Grimauds à Sénillé (Natura 2000) ;
- La carrière de la Madeleine à Beaumont (aucun classement).

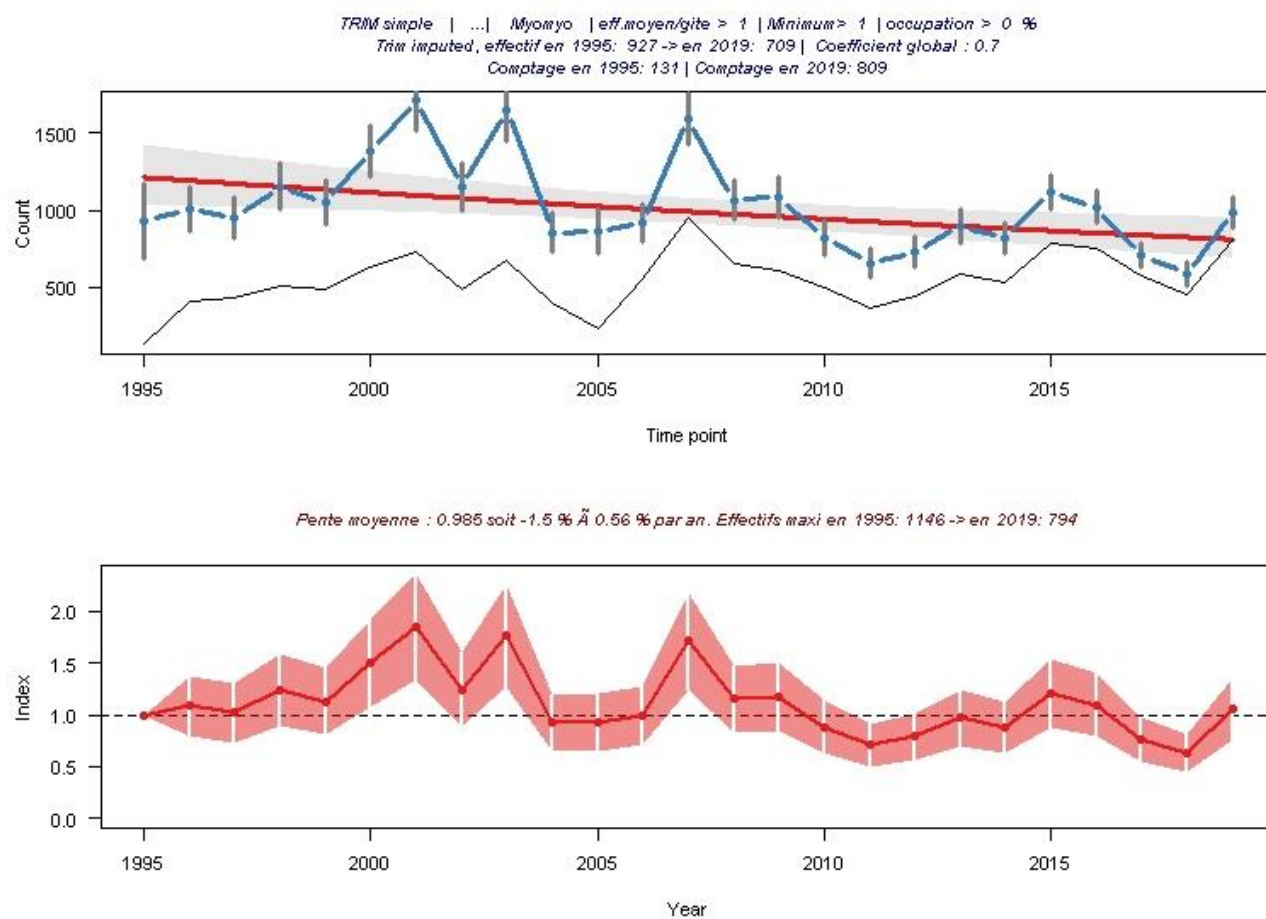


Figure 26 : Tendances évolutives du Grand murin en ex Poitou-Charentes de 1995 à 2019.

✓ **Minioptère de Schreibers**



Évalué « en danger critique » sur la liste rouge des mammifères de Poitou-Charentes (PCN, 2016), le Minioptère de Schreibers connaît une baisse dramatique de ses effectifs (Figure 27) sur la période avec -71,6 %. La tendance annuelle est de -4,1 % (+/- 1,16 %).

L'un des sites emblématiques de l'espèce est la grotte de Rancogne en Charente qui a connu ses effectifs records en 1998 avec 23 000 individus. Ce site n'accueille plus qu'entre 1 500 et 3 500 individus depuis 2015.

Pour cette espèce, qui semble connaître le même déclin au sein de ses bastions historiques en ex Limousin ou en ex Aquitaine, il est évident que sa disparition est imminente si rien n'est entrepris dans les années qui viennent pour comprendre et enrayer les causes de ce déclin.

Les sites qui influent le plus sur cette tendance sur la période considérée au sein de l'ex Poitou-Charentes sont tous des sites de Charente et de Charente-Maritime, l'espèce étant quasi absente des autres départements, il s'agit de :

- La grotte de Rancogne (Natura 2000) ;
- Les carrières de Saint-Même-les-Carrières (procédure ZNIEFF en cours) ;
- Les carrières des Chaudrolles à Saint-Sulpice-de-Cognac (site Natura 2000 de la Vallée de l'Antenne) ;
- La carrière de l'Enfer à Saint-Sornin (Natura 2000) ;
- Les carrières de Fief-de-Foye à Saint-Sulpice d'Arnoult (Natura 2000) ;
- Les carrières de Saint-Savinien (Natura 2000) ;

Précisons que tous ces sites sont aujourd'hui protégés, très peu dérangés et pour certains fermés par des grilles. Force est de constater que le déclin de l'espèce n'en a pas pour autant été enrayeré.

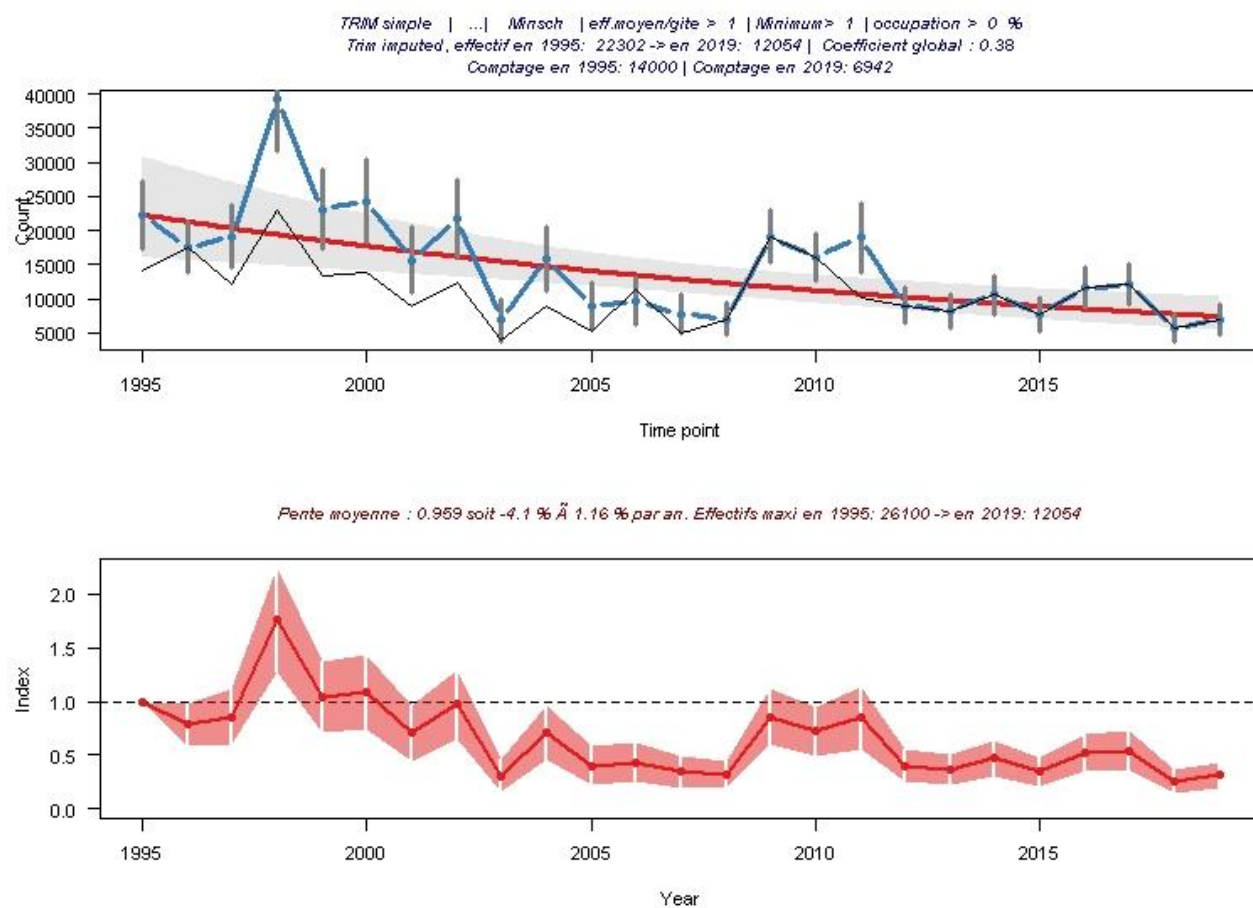


Figure 27 : Tendances évolutives du Miniopère de Schreibers en ex Poitou-Charentes de 1995 à 2019.

4.1.3. Tests de l'effet des comptages par caméra thermique

Les résultats de ces tests n'ont pas montré de différence avec de « simples » comptages.

Lors de cette expérience, nous avons pu nous rendre compte que certains individus présentaient une température corporelle froide (environ 5°C), ils étaient donc en léthargie profonde. D'autres présentaient des températures corporelles plus élevées (8-10°C) et semblaient ainsi en phase de réveil (Figure 28).

Cette observation vient confirmer nos observations faites grâce aux lecteurs automatiques installés sur les sites de transit et d'hibernation et les observations faites par les enregistreurs d'activité (Rhinologgers) à l'entrée de certains sites de transit.

En effet, on constate une activité régulière des Grands rhinolophes, y compris en plein hiver. Les individus se réveillent donc naturellement. Nous ne savons pas encore exactement ce qui motive ces réveils mais nous supposons qu'ils sont liés à la lutte contre les maladies infectieuses (virus par exemple).

Les analyses épidémiologiques viendront peut-être conforter cette hypothèse.

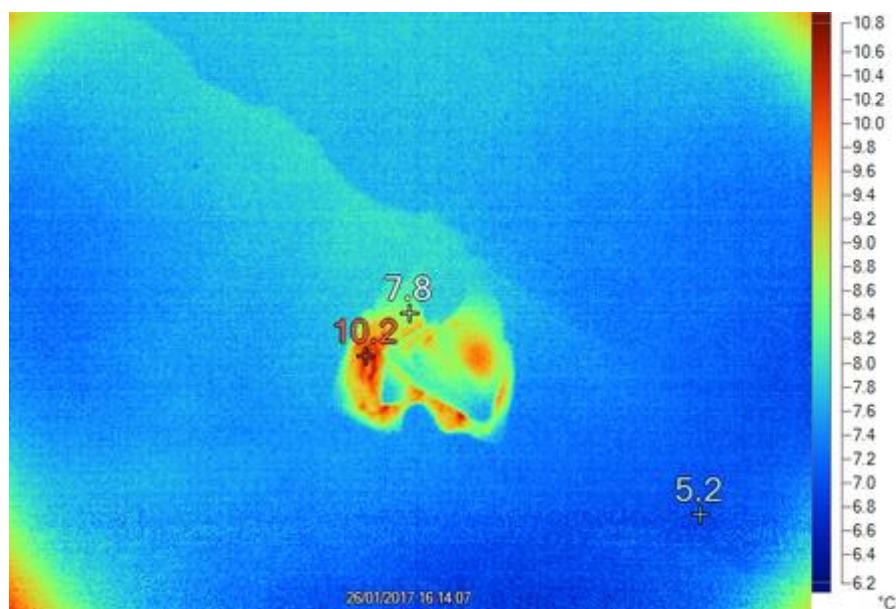


Figure 28 : Photographie par caméra thermique de 2 Grands rhinolophes en hibernation.

4.1.4. Rhinologgers et étude de la phénologie d'occupation des sites

A ce jour, 6 sites de transit et d'hibernation (Figure 29) ont pu être suivis grâce à ces enregistreurs (2 en Vendée, 1 en Charente, 1 en Charente-Maritime, 1 dans la Vienne et 1 en Maine-et-Loire).

Les données sont actuellement toujours en cours d'analyse.

Des problèmes techniques sur ces poses à long terme sont advenus, notamment en Vienne (Tableau 4), ne permettant pas un suivi dès la pose des appareils. Ces données pourront être ajoutées aux analyses ultérieurement.

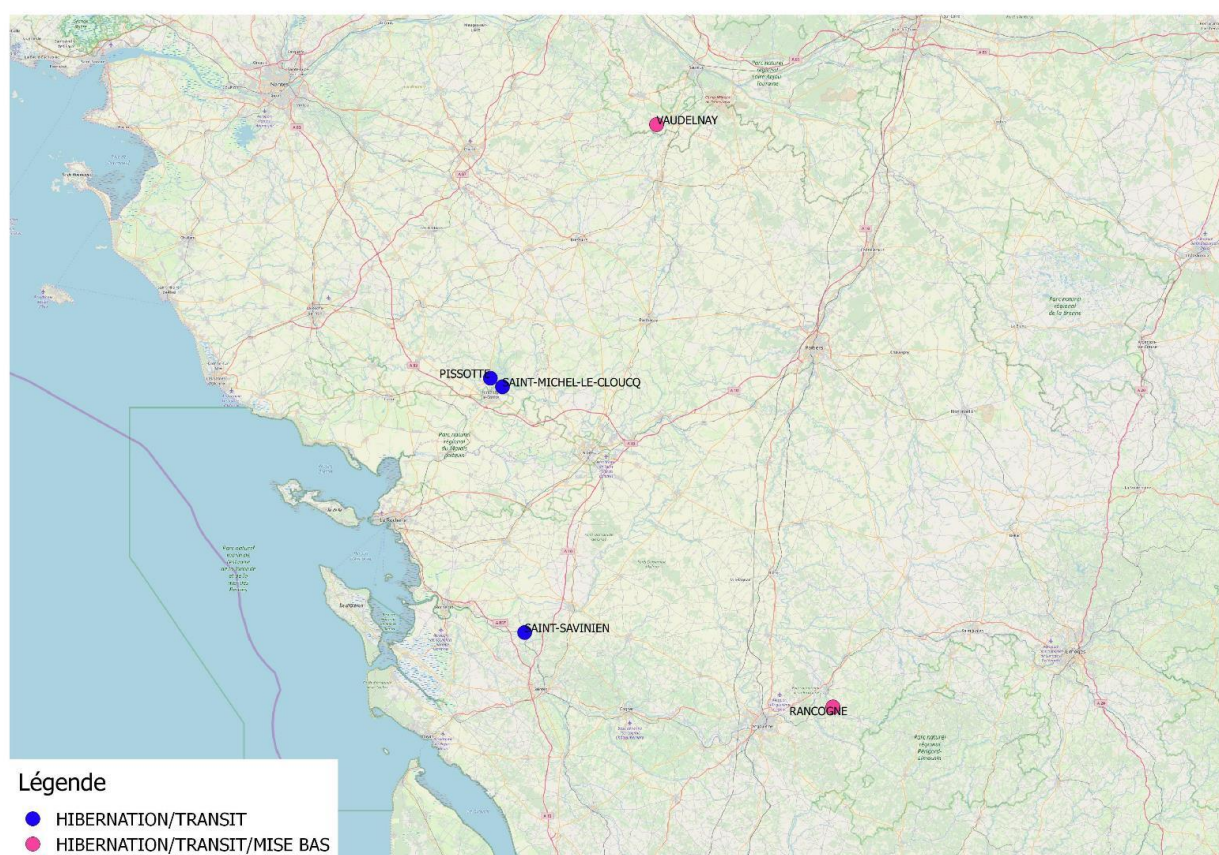


Figure 29 : Localisation des rhinologgers.

Tableau 4 : Périodes d'enregistrement des Rhinologgers sur les différents sites (F. Varenne, LPO 85 / Les Naturalistes Vendéens / Groupe Chiroptères des Pays-de-la-Loire)

	2016				2017												2018												2019		
	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
16 RANCOGNE																															
17 SAINT-SAVINIEN																															
49 VAUDELNAY																															
85 SAINT-MICHEL-LE-CLOUQ																															
85 PISSOTTE																															

Une comparaison entre l'activité des rhinologgers et les données des systèmes automatiques de lecture des individus marqués par transpondeur (Figure 30) sur le site de St Michel-le-Cloucq (85) a donné des correspondances de phénologie intéressantes montrant notamment une corrélation forte (Figure 31) entre l'activité acoustique enregistrée et le nombre de transpondeurs lus par l'antenne.

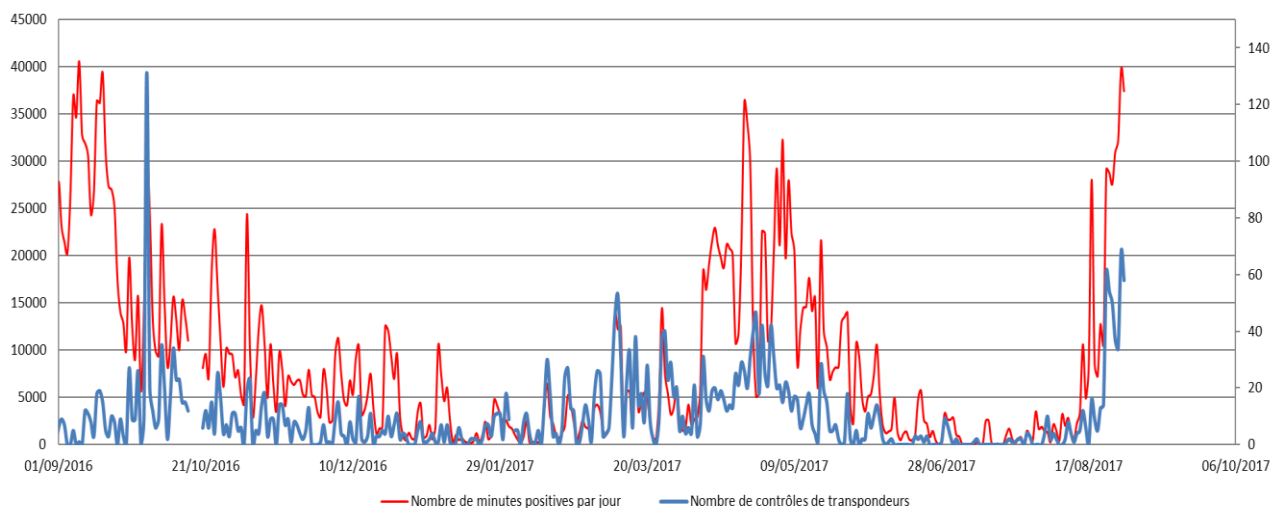


Figure 30 : Comparaison entre l'activité acoustique mesurée par le Rhinologger et le nombre de contrôles des individus marqués à Saint-Michel-le-Cloucq (F. Varenne, LPO 85 / Les Naturalistes Vendéens / Groupe Chiroptères des Pays-de-la-Loire) .

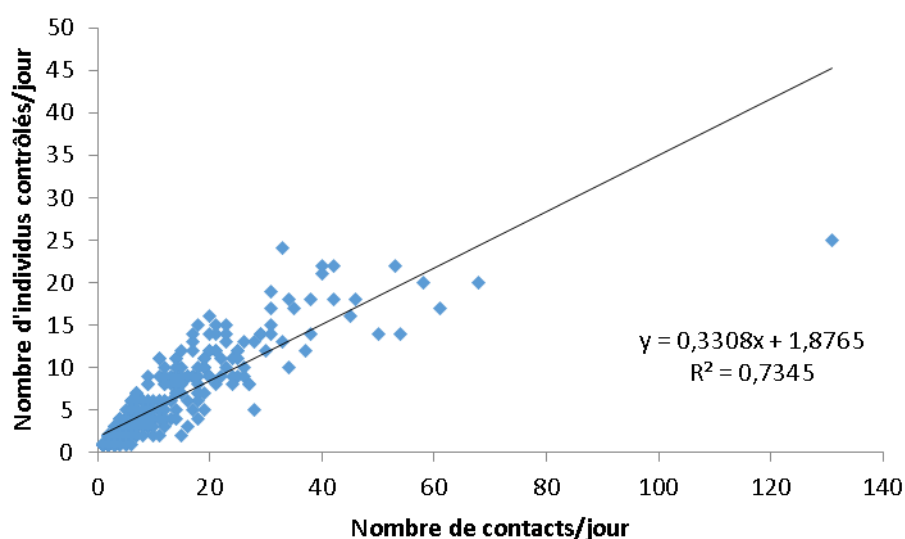


Figure 31 : Corrélation du 28/08/2016 au 29/08/2017 entre le nombre de contrôles des individus marqués et le nombre de contacts par jour au Rhinologger à Saint-Michel-le-Cloucq (F. Varenne, LPO 85 / Les Naturalistes Vendéens / Groupe Chiroptères des Pays-de-la-Loire) .

Ces données d'activité acoustique ont permis de montrer, même sur les sites sans système de contrôle automatique des transpondeurs (qui représentent la majorité des cas d'étude) que l'activité hivernale n'est pas neutre. Les publications de Park et al. (1999, 2000) ont montré que dans le sud-ouest de l'Angleterre les Grands rhinolophes avaient une activité hivernale nocturne de 88 à 369 minutes après le coucher du soleil qui augmentait en journée à partir de mai. La température à l'intérieur des cavités était corrélée à la température extérieure même s'il y avait des variations au sein de celles-ci. Étonnamment, l'activité nocturne était parfois associée à une activité de chasse en hiver, notamment quand la température extérieure se situait au-dessus de 10°C et permettait le vol d'insectes. Les sorties étaient synchronisées avec le crépuscule, heure la plus chaude et favorable à la chasse. En hiver, l'activité était liée à la température extérieure. Nous avons également trouvé une bonne corrélation (Figure 32) entre ces deux facteurs sur une période allant du 1er novembre 2016 au 28 février 2017.

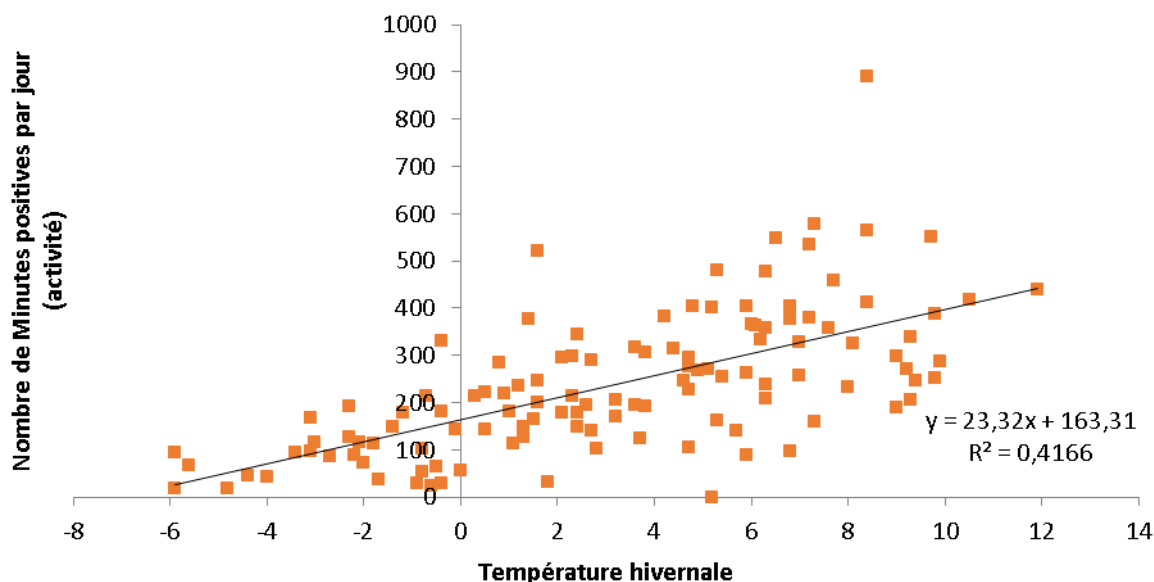


Figure 32 : Corrélation entre l'activité des Grands rhinolophes et températures en hiver (hiver 2016-2017), enregistrées par le Rhinologger à Saint-Michel-le-Cloucq (85).

Des analyses plus approfondies sont prévues sur l'activité hivernale et en période de transit à partir des données individuelles et de l'ensemble des données des différents Rhinologgers.

4.2. Suivis des colonies de parturition de Grand rhinolophe et de Murin à oreilles échancrées



Dès le début de ce programme d'étude et de conservation qui porte sur le Grand rhinolophe et afin notamment d'évaluer l'impact éventuel que pouvaient avoir les opérations de capture sur les colonies de parturition, un suivi standardisé de celles-ci a été entrepris.

Tout comme les comptages hivernaux, l'objectif est également à terme d'évaluer les tendances évolutives des populations en période de parturition.

Historiquement et d'après les données informatisées dont nous disposons, les premiers suivis des colonies de parturition de Grand rhinolophe et de Murin à oreilles échancrées datent de 1997 à l'exception d'une donnée notable d'une colonie de 30 Murins à oreilles échancrées signalée à Gond-Pontouvre en Charente en 1988 mais disparue depuis.

Comme l'indique la Figure 33 ci-dessous, la majorité des colonies de parturition connue depuis 1988 pour ces deux espèces se trouvent dans le département des Deux-Sèvres.

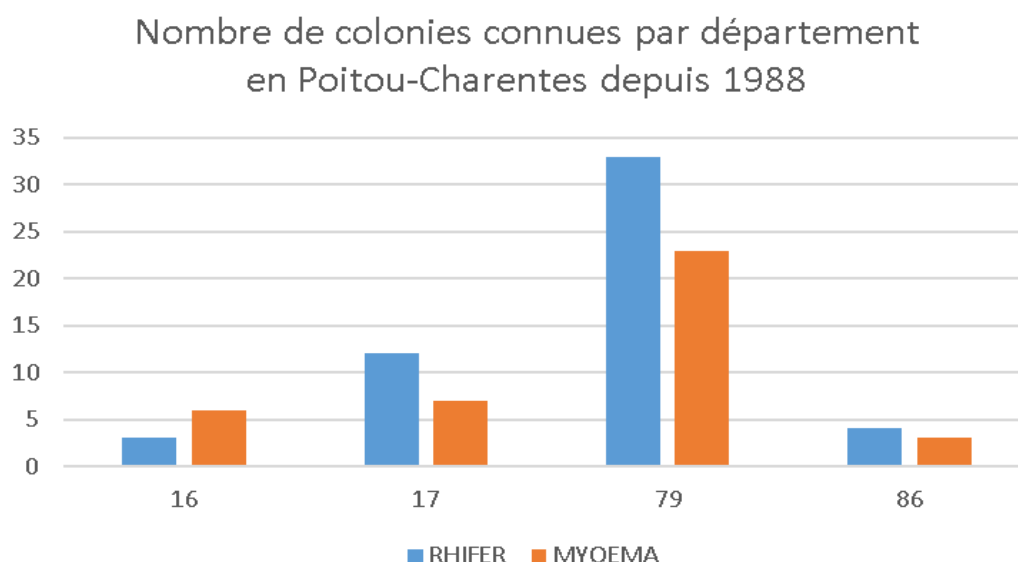


Figure 33 : Nombre de colonies de parturition de Grand rhinolophe et Murin à oreilles échancrées connues par département en Poitou-Charentes depuis 1988.

Au total, 63 colonies de parturition ont été découvertes en ex Poitou-Charentes depuis 1988. Ces colonies étaient soit monospécifiques, soit elles accueillait les deux espèces.

Depuis 2016, 42 colonies sont encore connues et suivies. Depuis le début du programme, 6 de ces colonies semblent avoir disparu. Ces disparitions sont principalement liées au dérangement (rénovation des bâtiments) ou à la fermeture des accès dans les clochers des églises.

Sur les 42 colonies connues, 40 accueillent des Grands rhinolophes, 31 des Murins à oreilles échancrées et 29 sont mixtes.

Seulement 2 colonies n'accueillent que des Murins à oreilles échancrées, il s'agit de colonies où cette espèce se retrouve avec le Grand murin notamment.

En revanche, 11 de ces colonies n'accueillent que le Grand rhinolophe.

Pour cette espèce, 37 colonies ont été comptées en 2018 sur 40 connues.

Comme le montre la Figure 34 ci après, le nombre de colonies de Grand rhinolophe découvertes et donc suivies n'a cessé d'augmenter depuis 1998, et ce, principalement depuis le début de ce programme de suivi.

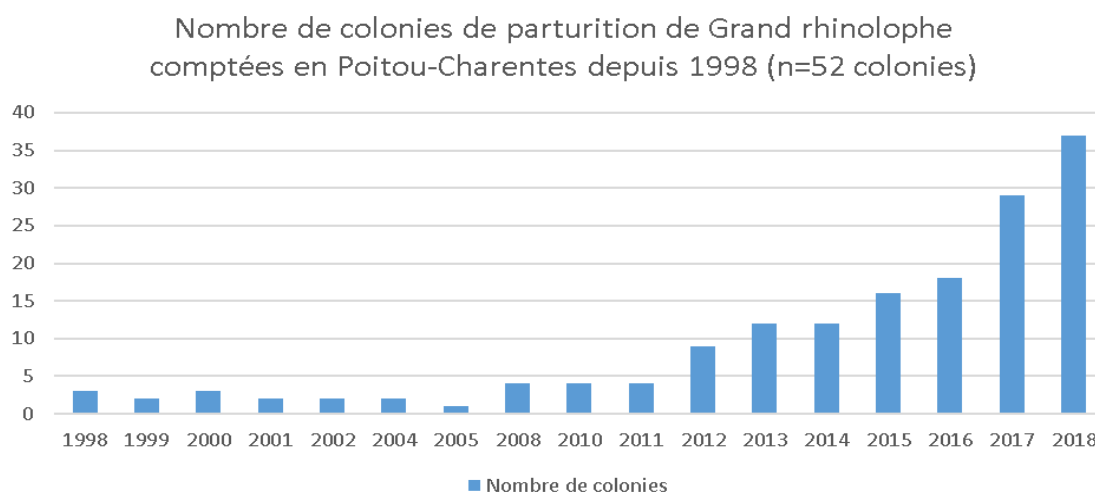


Figure 34 : Nombre de colonies de parturition de Grand rhinolophe suivies en Poitou-Charentes depuis 1998.

Assez logiquement, le nombre de Grands rhinolophes comptés chaque année en période de parturition est en constante augmentation (Figure 35). Les effectifs présentés ici ne concernent que les comptages réalisés avant l'émancipation des juvéniles (juin jusqu'à début juillet). Ils concernent donc majoritairement les individus adultes et sudadultes.

Ces effectifs ne sont en aucun cas représentatifs de la tendance réelle d'évolution car trop dépendants de l'augmentation de la pression de suivi.

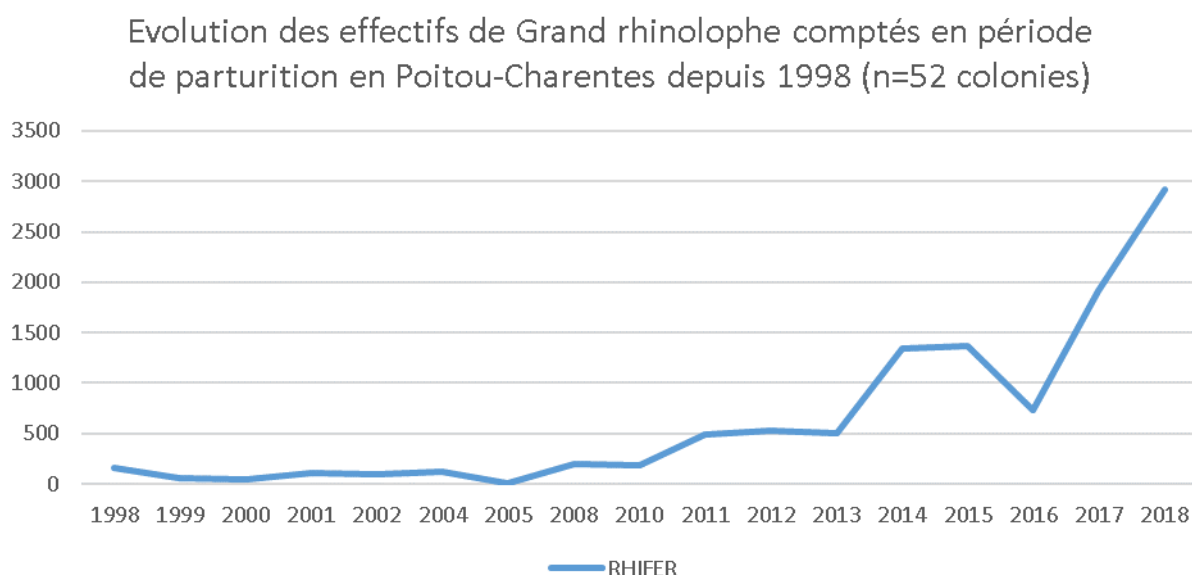


Figure 35 : Evolution des effectifs de Grand rhinolophe comptés en période de parturition en Poitou-Charentes depuis 1998.

En 2018, au sein des 37 colonies dénombrées, ce sont 2 919 Grands rhinolophes qui ont été comptés.

Pour le Murin à oreilles échancrées, le constat est comparable. Depuis 2017, plus de 20 colonies sont désormais suivies annuellement (Figure 36), 26 l'ont été en 2018 comme l'indique le graphique ci-dessous.

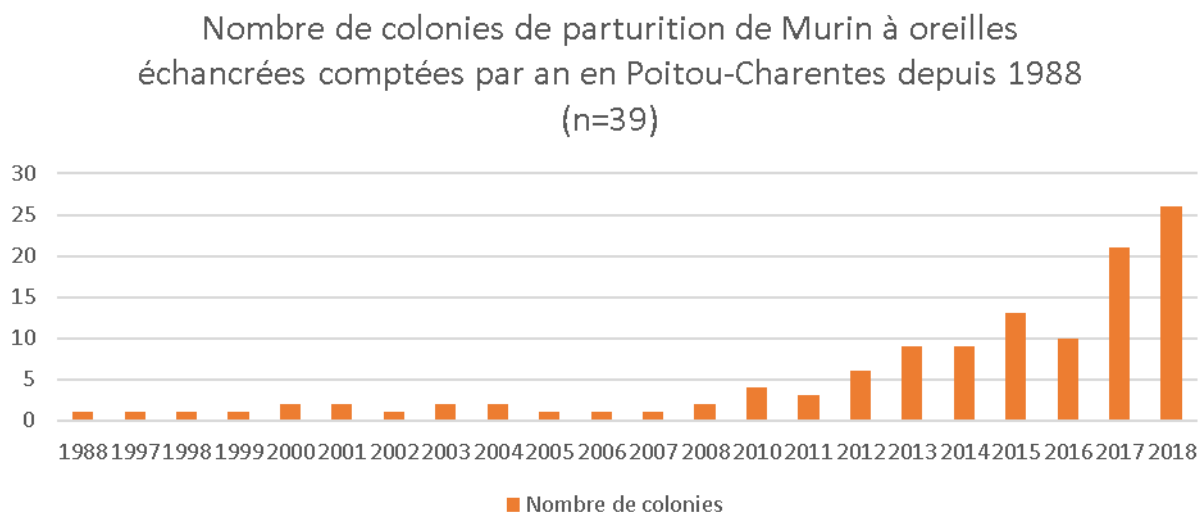


Figure 36 : Nombre de colonies de parturition de Murin à oreilles échancrées suivies en Poitou-Charentes depuis 1988.

Concernant les effectifs pour le Murin à oreilles échancrées, ils sont, comme pour le Grand rhinolophe, en constante augmentation depuis 1999 (Figure 37), principalement du fait de l'augmentation croissante du nombre de sites suivis. Cependant, on note en 1997 et 1998, des effectifs de 3 000 individus. Il s'agit d'une très importante colonie de parturition située en Charente-Maritime où les effectifs ont presque disparus d'une année à l'autre sans explication particulière. Ce site accueille aujourd'hui un peu plus de 200 Murins à oreilles échancrées et un peu plus de 20 Grands rhinolophes...

Evolution des effectifs de Murin à oreilles échancrées comptés en période de parturition en Poitou-Charentes depuis 1988 (n=39 colonies)

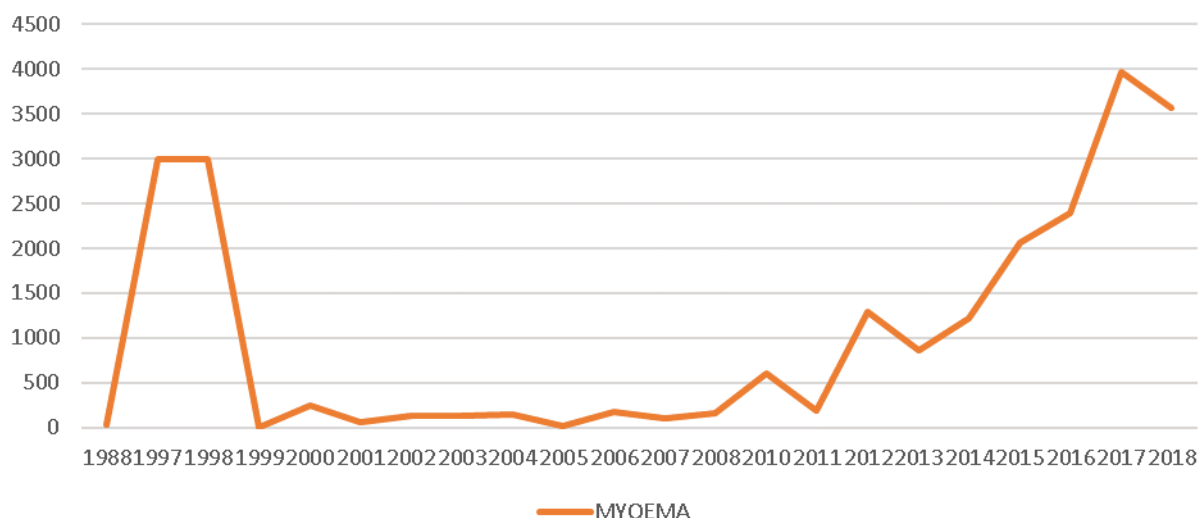


Figure 37 : Evolution des effectifs de Murin à oreilles échancrées comptés en période de parturition en Poitou-Charentes depuis 1998.

La Figure 38 suivante présente les maximums d'effectifs comptés par espèce et par département depuis le début du programme en 2016. On constate que le département des Deux-Sèvres concentre l'essentiel des effectifs de Grand rhinolophe et de Murin à oreilles échancrées de l'ex Poitou-Charentes avec respectivement 2 483 (67,5 %) et 3 211 individus (59,8 %).

Effectifs maximums de Grand rhinolophe et de Murin à oreilles échancrées comptés par département depuis 2016 au sein des colonies de parturition de l'ex Poitou-Charentes

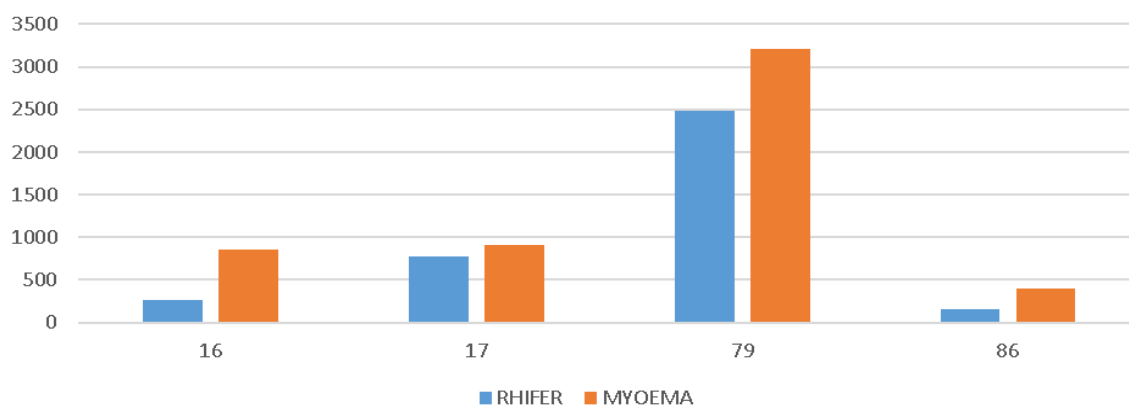


Figure 38 : Effectifs totaux maximum de Grand rhinolophe et de Murin à oreilles échancrées comptés par département depuis 2016 au sein des colonies de parturition de l'ex Poitou-Charentes.

A ce jour, nous ne disposons pas d'une série de données temporelles suffisante pour obtenir des résultats significatifs sur les tendances évolutives de ces deux espèces en période de parturition. La standardisation de ces suivis interannuels devrait permettre de réaliser ces calculs à l'avenir.

4.3. Capture, Marquage, Recapture des individus (CMR)

4.3.1. Captures & marquage

En 2018, 43 opérations de capture (32 en 2016, 39 en 2017) ont été réalisées sur 41 sites dont 24 au sein de l'ex-région Poitou-Charentes, 3 sites en Corrèze, 2 dans le Maine-et-Loire, 2 en Vendée, 2 dans les Pyrénées-Atlantiques, 1 dans le Puy-de-Dôme, 1 en Haute-Loire, 1 en Gironde, 1 dans les Bouches-du-Rhône, 1 dans le Morbihan, 1 dans le Calvados (capture réalisée par le GMN) et 2 dans le Pas-de-Calais (captures réalisées par la CMNF).

Depuis 2016, ce sont ainsi 114 opérations de capture qui ont été réalisées, permettant d'échantillonner 57 sites en France, principalement au sein de l'ex région Poitou-Charentes.

La carte ci-dessous (Figure 39) détaille la nature de ces sites (parturition, hibernation, ou les deux).

Précisons que les opérations de capture réalisées hors de l'ex-Poitou-Charentes ont été menées entièrement bénévolement du fait de l'impossibilité de les justifier auprès de nos financeurs.

Les opérations de capture réalisées en Bretagne, Normandie, Hauts-de-France, PACA et Pays Basque avaient pour objectif principal de consolider les connaissances sur la génétique de la population. Les individus capturés n'ont pas été marqués sur ces sites-là.

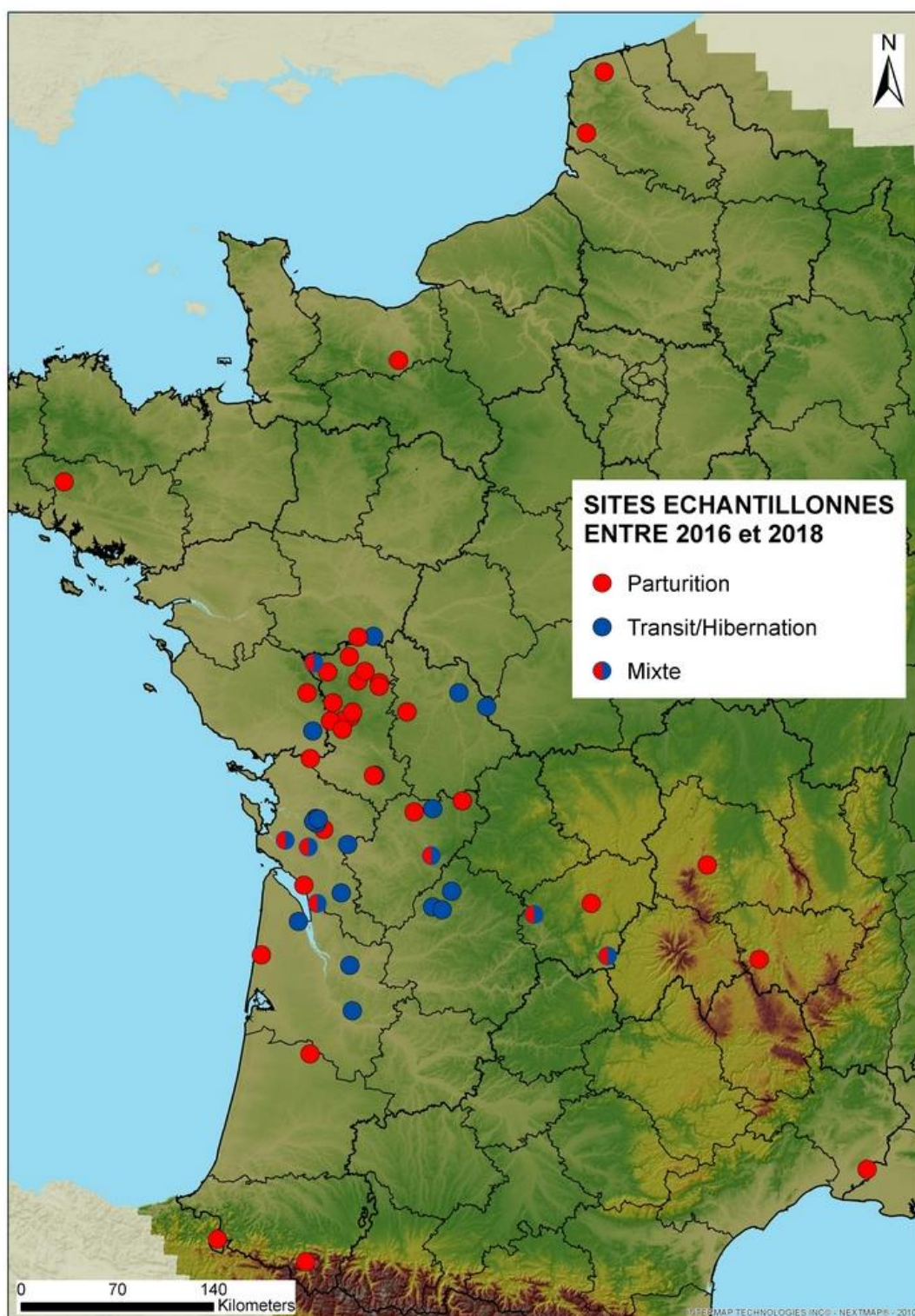


Figure 39 : Localisation des sites échantillonnés depuis 2016

En 2018, ces opérations ont permis la capture de 2 982 chauves-souris de 16 espèces dont 1 963 Grands rhinolophes (Tableau 5 ci-après).

Tableau 5 : Synthèse des espèces capturées et effectifs de 2016 à 2018.

Nom vernaculaire	Nom latin	2016	2017	2018	TOTAL
Grand rhinolophe	<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>	1077	1567	1963	4607
Murin à oreilles échancrées	<i>Myotis emarginatus</i>	866	766	469	2101
Minioptère de Schreibers	<i>Miniopterus schreibersii</i>	925	439	82	1446
Grand murin	<i>Myotis myotis</i>	272	324	92	688
Murin de Natterer	<i>Myotis nattereri</i>	240	158	37	435
Murin de Daubenton	<i>Myotis daubentonii</i>	141	157	67	365
Murin de Beschtein	<i>Myotis bechsteinii</i>	194	97	31	322
Petit rhinolophe	<i>Rhinolophus hipposideros</i>	50	144	10	204
Rhinolophe euryale	<i>Rhinolophus euryale</i>	10	60	107	177
Barbastelle d'Europe	<i>Barbastella barbastellus</i>	78	46	38	162
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	21	38	47	106
Oreillard roux	<i>Plecotus auritus</i>	43	29	14	86
Murin à moustaches	<i>Myotis mystacinus</i>	24	34	15	73
Murin d'Alcathoe	<i>Myotis alcathoe</i>	6	12	3	21
Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>	14		5	19
Oreillard gris	<i>Plecotus austriacus</i>	1	3		4
Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>			2	2
Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	1			1
TOTAL		3963	3874	2982	10819

Pour mémoire, 3 963 chauves-souris de 17 espèces avaient été capturées en 2016, 3 874 de 15 espèces en 2017.

Depuis 2016, ce sont ainsi 10 819 chauves-souris de 18 espèces qui ont été capturées dont 4607 Grands rhinolophes.

Sur l'ensemble de ces opérations de capture, 14 individus sont morts, soit 1,2 ‰ dont 4 Grands rhinolophes, 4 Murins à oreilles échancrées, 2 Minioptères de Schreibers, 1 Petit rhinolophe, 1 Barbastelle d'Europe, 1 Oreillard roux et 1 Rhinolophe euryale suite à des erreurs de manipulation ou à une crise cardiaque. La plupart d'entre eux étaient des juvéniles de l'année.

La mortalité effective liée aux opérations de capture, bien que regrettable et évitable dans la plupart des cas, reste malgré tout très faible.

Les tableaux ci-après (Tableau 6, Tableau 7 et Tableau 8), détaillent par site et par an les opérations de captures effectuées et indiquent : le nombre de chauves-souris capturées, le nombre de Grands rhinolophes capturés, le nombre de Grands rhinolophes marqués, contrôlés et repris.

Les « reprises » concernent des individus marqués et morts ou des transpondeurs retrouvés au sol après rejet (généralement après une mauvaise suture de la plaie après insertion).

Il est important de préciser que le nombre et le pourcentage de contrôles indiqués dans ces tableaux comprennent, pour les sites équipés de lecteurs automatiques, l'ensemble des données, donc y compris des individus lus par les antennes immédiatement après le relâcher. Les analyses concernant les contrôles inter annuels et inter-saisonniers sont détaillées plus loin (Cf. § 4.3.2).

Tableau 6 : Synthèse des captures, marquages et contrôles pour l'année 2016.

Dpt	Sites échantillonnés	Date	Nature du site*	Période de capture	Nb CS Capturées	Nb GR capturés	Nb GR marqués	Nb GR contrôlés	Reprises	% Contrôles
16	CHAMPAGNE-MOUTON	01/10/2016	T+H	Automne	227	10	10	5		50,0%
16	LESSAC	01/08/2016	P	Eté	171	95	40	27	1	67,5%
16	RANCOGNE	19/04/2016	T+H+P	Printemps	157	11	11	3		27,3%
		27/09/2016		Automne	204	34	19	11		57,9%
17	ANNEPONT	08/07/2016	P	Eté	116	25	25	21	4	84,0%
17		17/07/2016	P	Eté	5	5	4	2		50,0%
17	JONZAC	28/09/2016	T+H	Automne	177	8	8	7		87,5%
17	LA CLISSE	18/04/2016	T+H+P	Printemps	46	33	33	18		54,5%
		16/05/2016		Printemps	9	9	0	0		
		03/08/2016		Eté	49	9	9	3		33,3%
17	SAINT-BONNET-SUR-GIRONDE	29/09/2016	T+H+P	Automne	81	13	11	10		90,9%
17	SAINT-SAVINIEN									
	Site 1	04/10/2016	T+H	Automne	342	11	11	11		100,0%
	Site 2	05/10/2016	T+H	Automne	117	23	19	18		94,7%
	Site 3	06/10/2016	T+H	Automne	36	3	3	2		66,7%
17	SAINT-SORNIN	04/08/2016	T+H+P	Eté	194	6	6	4		66,7%
79	AIRVAULT	27/07/2016	P	Eté	61	39	30	13		43,3%
79	ALLONNE	18/07/2016	P	Eté	53	51	30	23		76,7%
79	FAYE-L'ABESSE	29/07/2016	P	Eté	138	106	70	55		78,6%
79	FENIOUX	02/08/2016	P	Eté	234	144	40	34		85,0%
79	LA CHAPELLE-SAINT-ETIENNE	25/07/2016	P	Eté	156	63	51	37		72,5%
79	LE BUSSEAU	20/07/2016	P	Eté	102	51	51	40	1	78,4%
79	LE PIN	21/07/2016	P	Eté	112	63	53	40		75,5%
79	MELLE	20/04/2016	T+H	Printemps	43	21	21	12		57,1%
		02/10/2016		Automne	105	39	38	32		84,2%
79	SAINT-LOUP-LAMAIRE	28/07/2016	P	Eté	90	27	26	14		53,8%
79	XAINTRAY	26/07/2016	P	Eté	157	128	70	45	1	64,3%
79	SAINTE-GEMME	19/07/2016	P	Eté	89	0	0	0		
85	SAINT-MICHEL-LE-CLOUCQ	20/09/2016	T+H	Automne	173	39	38	37		97,4%
33	CISSAC-MEDOC	03/10/2016	T+H	Automne	218	3	3	1		33,3%
		17/06//2016	T+H	Eté	41	6	0	0		
33	OMET	20/05/2016	T+H	Printemps	113	1	0	0		
		02/07/2016	T+H	Eté	147	1	0	0		
TOTAL					3963	1077	730	525	7	71,9%
*T = Transit; H = Hibernation; P = Parturition										

Tableau 7 : Synthèse des captures, marquages et contrôles pour l'année 2017.

Dpt	Sites échantillonnés	Date	Nature du site*	Période de capture	Nb CS Capturées	Nb GR capturés	Nb GR marqués	Nb GR contrôlés	Reprises	% Contrôles
16	VERTEUIL-SUR-CHARENTE	19/06/2017	T+H	Eté	89	11	11	2		18,2%
16	LESSAC	02/08/2017	P	Eté	157	96	95	35		36,8%
16	RANCOGNE	26/09/2017	T+H+P	Automne	107	11	11	6		54,5%
16	CHAMPAGNE-MOUTON	27/09/2017	T+H	Automne	132	7	7	5		71,4%
16	SAINT-SULPICE-DE-COGNAC	04/04/2017	T+H	Printemps	4	0	0	0		
17	ANNEPONT	03/07/2017	P	Eté	24	24	21	21		100,0%
17		10/07/2017	P	Eté	13	13	12	12		100,0%
17	LA CLISSE	11/04/2017	T+H+P	Printemps	65	37	36	22		61,1%
		08/08/2017		Eté	105	22	20	11		55,0%
17	SAINT-BONNET-SUR-GIRONDE	09/08/2017	T+H+P	Eté	72	34	34	25		73,5%
17	SAINT-SAVINIEN									
	Site 1	12/04/2017	T+H	Printemps	261	24	24	22		91,7%
		20/09/2017	T+H	Automne	106	31	29	25		86,2%
	Site 2	22/09/2017	T+H	Automne	144	21	18	13		72,2%
	Site 3	28/09/2017	T+H	Automne	59	10	10	7		70,0%
17	LA RONDE	23/08/2017	P	Eté	16	16	16	7		43,8%
79	AZAY-SUR-THOUET	29/08/2017	P	Eté	44	44	43	28		65,1%
79	SAINT-MARTIN-LES-MELLE	03/08/2017	P	Eté	98	37	36	33	1	91,7%
79	FAYE-L'ABESSE	04/08/2017	P	Eté	189	125	111	83		74,8%
79	FENIOUX	27/07/2017	P	Eté	112	58	53	52		98,1%
79	LA CHAPELLE-SAINT-ETIENNE	25/07/2017	P	Eté	120	68	53	46	3	86,8%
79	LE BUSSEAU	19/07/2017	P	Eté	105	76	54	42	2	77,8%
79	LE PIN	26/07/2017	P	Eté	34	34	21	18	2	85,7%
79	MELLE	05/04/2017	T+H	Printemps	9	4	3	3		100,0%
		23/09/2017		Automne	221	38	33	29		87,9%
79	ARGENTONNAY	17/07/2017	P	Eté	90	54	54	22		40,7%
79	XAINTRAY	31/07/2017	P	Eté	121	99	88	72	1	81,8%
79	SAINT-GEMME	18/07/2017	P	Eté	115	80	78	72	1	92,3%
85	REAUMUR	28/07/2017	P	Eté	181	107	106	77		72,6%
85	SAINT-MICHEL-LE-CLOUCQ	16/09/2017	T+H	Automne	201	121	111	104		93,7%
19	SARRAN	22/07/2017	p	Eté	144	85	85	35		41,2%
19	VIGNOLS	23/07/2017	P	Eté	118	44	44	24		54,5%
49	LE PUY-NOTRE-DAME	15/09/2017	T+H	Automne	116	63	61	49		80,3%
24	LA TOUR-BLANCHE	02/05/2017	T+H	Printemps	84	1	1	1		100,0%
24	PAUSSAC-ET-SAINT-VIVIEN	03/05/2017	T+H	Printemps	105	4	4	1		25,0%
24	SAINT-FRONT-SUR-NIZONNE	04/05/2017	T+H	Printemps	35	0	0	0		
33	OMET	29/04/2017	T+H	Printemps	108	5	5	3		60,0%
33	CISSAC-MEDOC	27/04/2017	T+H	Printemps	42	19	18	1		5,6%
33	VILLEGOUGE	12/05/2017	T+H	Printemps	72	0	0	0		
33	ARGELOUSE	10/08/2017	P	Eté	56	44	44	5		11,4%
TOTAL					3874	1567	1450	1002	10	69,1%
*T = Transit; H = Hibernation; P = Parturition.										

Tableau 8 : Synthèse des captures, marquages et contrôles pour l'année 2018.

Dpt	Sites échantillonnés	Date	Nature du site*	Période de capture	Nb CS Capturées	Nb GR capturés	Nb GR marqués	Nb GR contrôlés	Reprises	% Contrôles
16	LESSAC	02/08/2018	P	Été	120	117	105	57	1	54,3%
16	RANCOGNE	18/06/2018	T+H+P	Été	59	2	2	0		0,0%
16	CHAMPAGNE-MOUTON	11/10/2018	T+H	Automne	45	5	5	5		100,0%
17	ANNEPONT	13/08/2018	P	Été	27	27	21	9		42,9%
17	LA CLISSE	25/04/2018	T+H+P	Printemps	34	15	10	4		40,0%
17	SAINT-BONNET-SUR-GIRONDE	09/07/2018	T+H+P	Été	105	65	61	50		82,0%
17	MORTAGNE-SUR-GIRONDE	10/07/2018	P	Été	103	103	101	26		25,7%
17	SAINT-SAVINIEN									
	Site 1	26/09/2018	T+H	Automne	81	39	33	29		87,9%
	Site 2	22/09/2018	T+H	Automne	87	23	18	16		88,9%
	Site 3	21/09/2018	T+H	Automne	130	12	12	11		91,7%
17	LA RONDE	11/07/2018	P	Été	21	7	7	0		0,0%
79	ALLONNE	18/07/2018	P	Été	39	39	31	15		48,4%
79	AZAY-SUR-THOUET	17/07/2018	P	Été	106	66	53	10		18,9%
79	SAINT-MARTIN-LES-MELLE	01/08/2018	P	Été	80	35	27	27		100,0%
79	FAYE-L'ABESSE	27/07/2018	P	Été	127	82	67	66		98,5%
79	FENIOUX	24/07/2018	P	Été	54	49	34	32		94,1%
79	MAULEON	20/07/2018	P	Été	62	20	19	7	1	36,8%
79	MELLE	23/09/2018	T+H	Automne	82	19	14	13		92,9%
79	ARGENTONNAY	31/07/2018	P	Été	84	84	80	49		61,3%
79	XAINTRAY	23/07/2018	P	Été	103	103	70	69	2	98,6%
79	SAINTE-GEMME	26/07/2018	P	Été	120	120	99	98		99,0%
85	REUMUR	21/07/2018	P	Été	105	105	87	83		95,4%
85	SAINT-MICHEL-LE-CLOUCQ	27/09/2018	T+H	Automne	70	30	30	28		93,3%
86	CHIRE-EN-MONTREUIL	16/07/2018	P	Été	13	13	13	0		0,0%
86	SENILLE	18/09/2018	T+H	Automne	46	2	2	1		50,0%
86	ANGLES-SUR-L'ANGLIN	19/09/2018	T+H	Automne	65	21	21	17		81,0%
19	SARRAN	07/08/2018	p	Été	131	131	120	30		25,0%
19	VIGNOLS	06/08/2018	P	Été	60	26	25	16	1	64,0%
19	SAINT-GENIEZ-O-MERLE	08/08/2018	P	Été	131	131	131	5		3,8%
49	LE PUY-NOTRE-DAME	29/07/2018	T+H	Été	48	36	33	32		97,0%
49		15/09/2018	T+H	Automne	62	62	57	27		47,4%
49	LYS-HAUT-LAYON	28/07/2018	P	Été	72	32	32	6		18,8%
43	LANGÉAC	11/08/2018	P	Été	50	50	50	0		0,0%
63	AYDAT	10/08/2018	P	Été	113	113	112	28		25,0%
33	LACANAU	09/08/2018	P	Été	32	15	15	0		0,0%
64	BANCA	05/07/2018	P	Été	41	7	0	0		
64	BEDOUS	07/08/2018	P	Été	65	33	0	0		
56	KERNASCLEDEN	01/08/2018	P	Été	36	36	0	0		
62	ANDRES	22/08/2018	P	Été	41	9	0	0		
62	MONTREUIL-SUR-MER	29/08/2018	P	Été	40	18	0	0		
14	BERNIERES-D'AILLY	11/08/2018	P	Été	30	30	0	0		
13	ARLES	03/07/2018	P	Été	62	31	0	0		
TOTAL					2982	1963	1597	866	5	54,2%

*T = Transit; H = Hibernation; P = Parturit

Pour tous les individus capturés, et comme détaillé plus haut, différentes données ont été relevées, dont l'âge et le sexe des individus.

Pour l'âge, les codes utilisés sont les mêmes que ceux utilisés pour les oiseaux à savoir (1A, 2A, +1A, +2A et toutes les catégories incluant un doute comme 1A ?, 2A ?, etc.).

Les critères d'âge pour le Grand rhinolophe sont détaillés en annexe 1. Ces critères se basent notamment sur la coloration du pelage et les stratégies de mue observées. Ils évoluent selon les années civiles (du 1^{er} janvier au 31 décembre).

Afin de faciliter la lecture des graphiques qui suivent, seuls les individus avec des critères d'âge certains ont été conservés (n=4 545).

On note assez logiquement (Figure 40), une forte proportion d'adultes (+2A) et de juvéniles de l'année (1A). Les individus subadultes (2A) représentent une plus faible proportion des individus capturés.

Cette faible proportion des 2A est principalement liée à notre échantillonnage où la majorité des captures sont réalisées au sein des colonies de parturition. Ceci montre que, dans leur 2^{ème} année civile, les Grands rhinolophes fréquentent dans des proportions plus faibles les colonies de parturition.

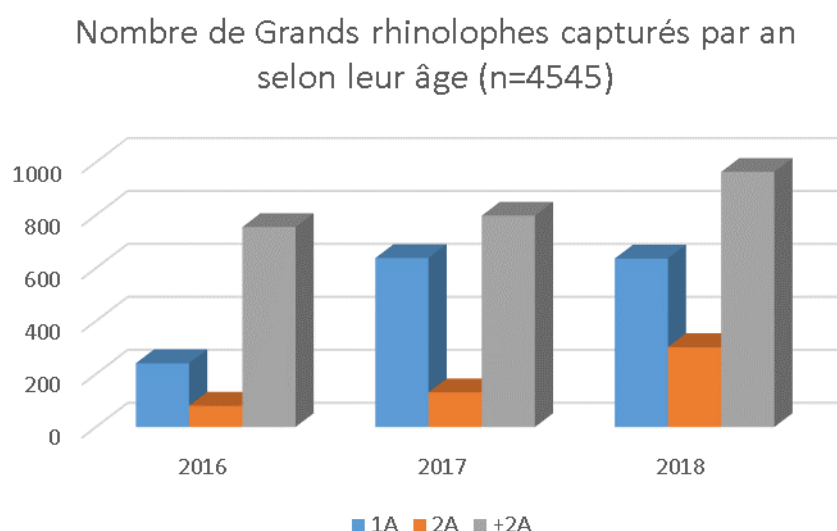


Figure 40 : Nombre de Grands rhinolophes capturés par an selon leur âge.

Si l'on regarde le sexe-ratio (Figure 41), des différentes classes d'âge des individus capturés, on observe chez les juvéniles de l'année (1A), un sexe-ratio très équilibré, surtout en 2017 et 2018. Il apparaît légèrement déséquilibré en 2016 probablement du fait que le nombre de juvéniles capturés cette première année (n=241) était bien plus faible qu'en 2017 (n=638) et 2018 (n=636).

Sexe-ratio des 1A capturés depuis 2016 (n=1515)

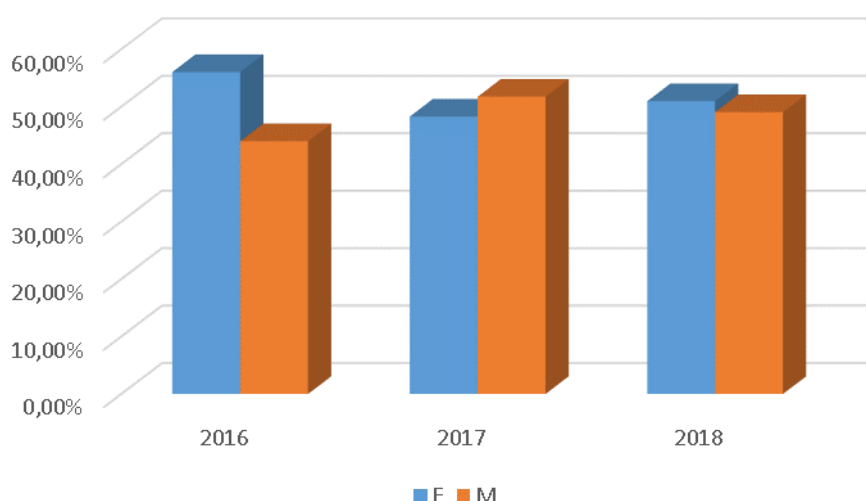


Figure 41 : Sexe-ratio des Grands rhinolophes juvéniles (1A) capturés depuis 2016.

Pour les individus subadultes (2A) et adultes (+2A) capturés, la sexe-ratio est très nettement en faveur des femelles (Figure 42 et Figure 43). Ceci est assez logique pour les +2A du fait de nos opérations de capture principalement réalisées sur les colonies de parturition. Pour les 2A, ceci montre que les femelles immatures fréquentent quand même les colonies de parturition dès leur 2^{ème} été, et ce, dans une proportion bien plus forte que les mâles. Ce dernier résultat est intéressant d'un point de vue comportemental car il reflèterait un apprentissage différencié des mâles et des femelles à la mise bas (sélection des sites, comportement maternel, etc.).

Sexe-ratio des 2A capturés depuis 2016 (n=514)

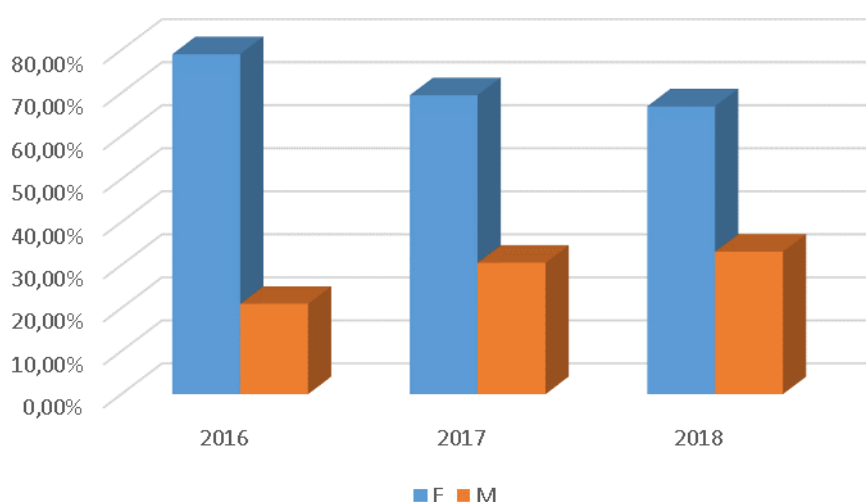


Figure 42 : Sexe-ratio des Grands rhinolophes subadultes (2A) capturés depuis 2016.

Sexe-ratio des +2A capturés depuis 2016 (n=2515)

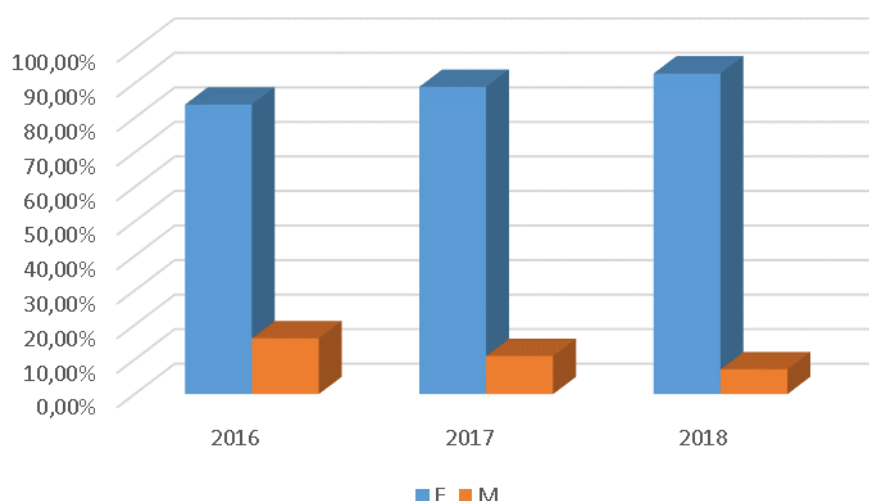


Figure 43 : Sexe-ratio des Grands rhinolophes adultes (+2A) capturés depuis 2016.

On note ainsi que le nombre de mâles adultes capturés chaque année reste très faible, ceci constitue un manque important dans notre échantillonnage (respectivement 122 en 2016, 88 en 2017 et 69 en 2018 pour un total de seulement 279 individus).

Parmi les 4 607 Grands rhinolophes capturés, 3 777 ont été marqués à l'aide d'un transpondeur, et ce, majoritairement au sein des colonies de parturition des Deux-Sèvres (Figure 44 ci-dessous).

Nombre de Grands rhinolophes marqués par département de 2016 à 2018 (n= 3 777)

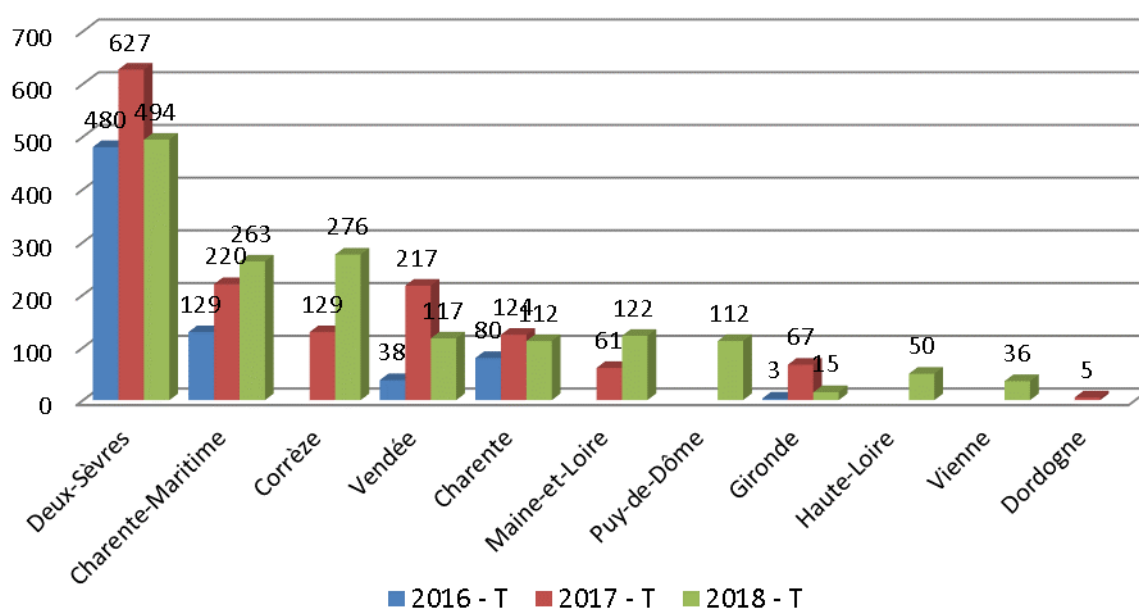


Figure 44 : Nombre de Grands rhinolophes marqués par département depuis 2016.

Au lancement du programme, le choix a été fait de ne pas marquer l'ensemble des Grands rhinolophes capturés, toujours dans le souci d'évaluer l'impact des opérations.

A partir de 2017 et étant donné les premiers résultats, l'ensemble des individus capturés ont été marqués à l'exception des individus les plus faibles (généralement dont la masse était inférieure à 15g).

Le tableau (Tableau 9), ci-dessous dresse le bilan du nombre de Grands rhinolophes capturés et marqués depuis 2016.

Tableau 9 : Nombre de Grands rhinolophes capturés, marqués et contrôlés par an entre 2016 et 2018 et proportion annuelle de contrôle.

	2016	2017	2018	TOTAL
Capturés	1077	1567	1963	4607
Marqués	730	1450	1597	3777

Concernant les âges et sexes, ceux des individus marqués représentent assez logiquement les proportions observées pour les individus capturés, à savoir une proportion assez égale entre mâles et femelles chez les 1A, puis une disproportion assez forte chez les 2A et +2A en faveur des femelles (Figure 45). Là encore, pour des questions de facilité de lecture, seuls les individus dont l'âge était certain ont été conservés pour ce graphique (n=3757).

Proportion d'individus marqués selon leur sexe et leur âge depuis 2016 (n=3757)

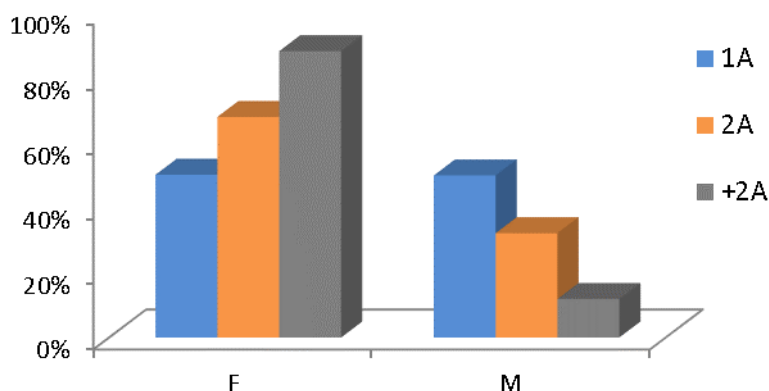


Figure 45 : Localisation des sites échantillonnés depuis 2016

4.3.2. Contrôles & Reprises

Comme détaillé dans la partie « Matériel et Méthodes », l'effort de contrôle est mis en œuvre par des lecteurs autonomes, installés sur des colonies de parturition ou sur des sites de transit et d'hibernation, mais aussi par des lecteurs manuels utilisés lors des prospections hivernales.

De plus en plus d'individus sont également recapturés physiquement lors des opérations de capture.

Le tableau (Tableau 10), ci-dessous synthétise l'ensemble des sites équipés de systèmes autonomes depuis 2016 (n=20).

Tableau 10 : Sites suivis de façon permanente par des systèmes automatiques, nature du site, statut et date d'installation

DPT	COMMUNE	NATURE DU SITE	DATE INSTALLATION	STATUT SITE
86	ANGLES-SUR-L'ANGLIN	Transit/Hibernation	19/09/2018	NATURA 2000
86	SENILLE	Transit/Hibernation	Reporté	NATURA 2000
85	SAINT-MICHEL-LE-CLOUCQ	Transit/Hibernation	18/08/2016	NATURA 2000
79	MELLE	Transit/Hibernation	20/03/2017	NATURA 2000
79	FAYE-L'ABBESSE	Parturition	28/04/2018	Privé
79	FENIOUX	Parturition	16/04/2018	Privé
79	LA CHAPELLE-SAINT-ETIENNE	Parturition	07/05/2018	Privé
79	LE BUSSEAU	Parturition	16/04/2018	Privé
79	LE PIN	Parturition	18/04/2018	Privé
79	XAINTRAY	Parturition	07/04/2018	Privé
79	SAINTE-GEMME	Parturition	20/02/2018	Privé
79	SAINT-MARTIN-LES-MELLE	Parturition	27/04/2018	Privé
79	SAINTE-OUENNE	Mixte	02/05/2019	NATURA 2000
49	LE PUY-NOTRE-DAME	Transit/Hibernation	29/07/2018	NATURA 2000
19	NOAILLES	Transit/Hibernation	20/10/2018	NATURA 2000
19	SOURSAC	Mixte	19/10/2018	NATURA 2000
17	SAINT-SAVINIEN	Transit/Hibernation	12/10/2018	NATURA 2000
17	ANNEPONT	Parturition	08/03/2017	Privé
17	SAINT-BONNET-SUR-GIRONDE	Mixte	23/04/2018	NATURA 2000
16	SAINT-SULPICE-DE-COGNAC	Transit/Hibernation	04/05/2018	NATURA 2000
16	CHAMPAGNE-MOUTON	Transit/Hibernation	11/10/2018	Site CREN

La carte (Figure 46) ci-dessous localise les sites suivis par ces systèmes automatiques.

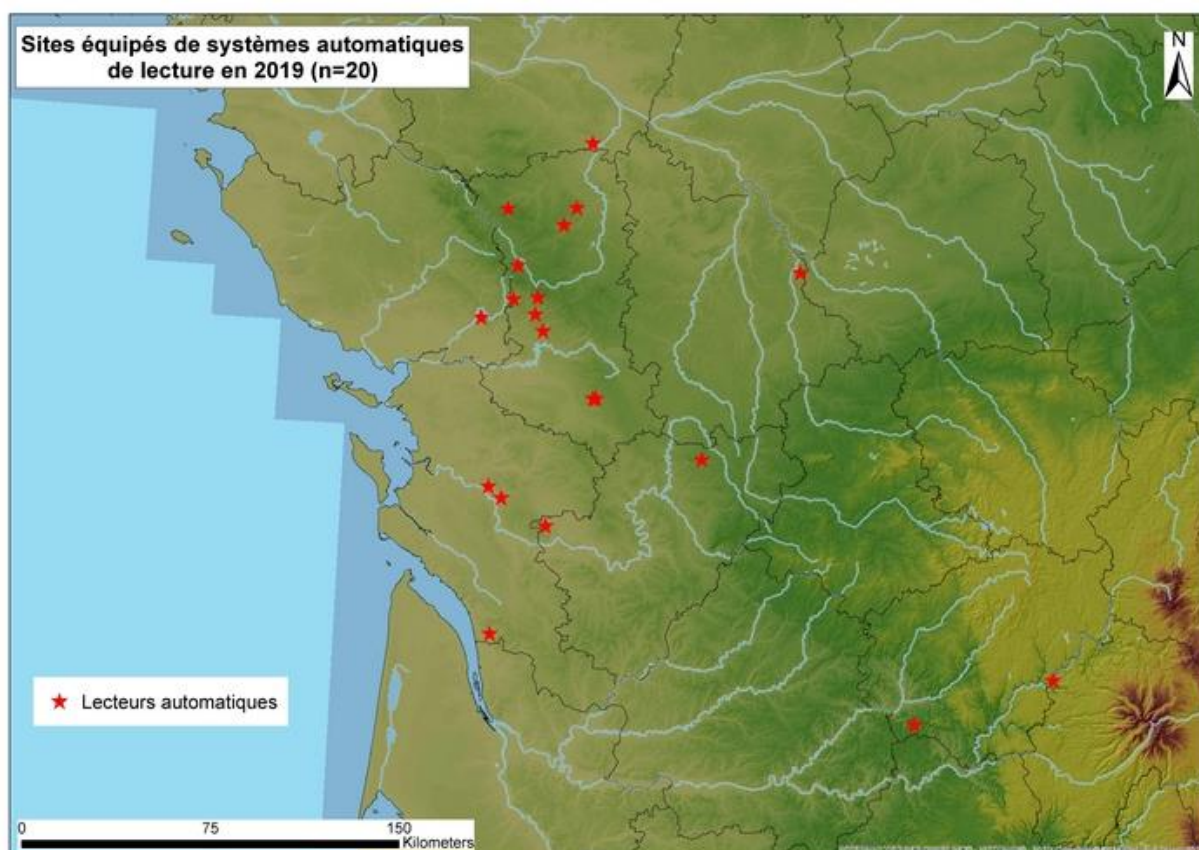


Figure 46 : Localisation des sites suivis de façon permanente et automatique

Le tableau (Tableau 11), ci-dessous synthétise la nature des données de contrôles et de reprises par an depuis 2016. On le voit, l'installation des systèmes automatiques intervenue principalement en 2018 a permis d'augmenter très fortement les données de contrôle avec plus de 180 000 données pour cette seule année.

Le nombre de contrôles manuels en hiver est également en nette progression. Précisons que les chiffres donnés ici (Tableau 11) ne correspondent pas au nombre d'individus effectivement contrôlés en hiver mais au nombre total de contrôles (un individu ayant pu être lu plusieurs fois au sein du même hiver). Le Tableau 12 synthétise le nombre d'individus effectivement contrôlés.

En revanche et bien qu'en progression également, le nombre de contrôles correspondant à la recapture physique des individus reste en proportion très faible.

Le nombre de reprises est également très faible ce qui montre la fiabilité de la technique utilisée. Le nombre de rejets apparaît très faible.

Les rejets constatés, 14 au total, l'ont été pour la plupart aussitôt après la pose du transpondeur (n=10). Ceux-ci ont en effet été retrouvés au sol dans les colonies, sans avoir été contrôlés par les systèmes automatiques après le jour du marquage.

Ces rejets sont très probablement causés par une mauvaise suture de la plaie à la colle chirurgicale après insertion du transpondeur.

Sur les 14 transpondeurs retrouvés, 4 ont été rejetés après plusieurs jours (4, 16, 18 et 22 jours plus tard). Ces cas restent inexplicables et semblent anecdotiques.

Concernant les 6 individus marqués et retrouvés morts, 4 d'entre eux l'ont été dans une colonie très bien suivie (avec vidéosurveillance) et leur mort est liée à la chaleur suite à une canicule survenue vers le 20 juin 2016. Dans cette colonie, 15 juvéniles avaient également été retrouvés morts.

L'un des 6 morts a été retrouvé dans une colonie située dans un viaduc routier et présentait des signes d'hémorragie. Il est probable que sa mort soit consécutive à une collision avec un véhicule.

Pour un seul de ces 6 individus, la mort reste réellement inexpiquée.

Tableau 11 : Bilan du nombre de contrôles et reprises annuels depuis 2016.

Nature des contrôles et des reprises	2016	2017	2018	2019	TOTAL
Contrôles	1193	20188	181438	12444	215263
Systèmes automatiques (antennes)	1181	19762	180683	11720	213346
Contrôles manuels en hiver		314	563	724	1601
Contrôles en main (recaptures)	12	112	192		316
Reprises	1	4	13	4	22
Transpondeur retrouvé au sol (rejet)			10	4	14
Individu marqué et mort	1	4	1		6
Individu marqué et mort lors de la manipulation			2		2
TOTAL par an	1194	20192	181451	12448	215285

Lors des prospections hivernales, l'effort de contrôle déployé est très important et permet à ce jour de « lire » à l'aide des lecteurs manuels entre 87 % et 91 % des Grands rhinolophes qui sont comptés et ce, dans plus de 500 sites de 17 départements grâce à la collaboration de nombreuses structures des régions Pays-de-la-Loire, Auvergne-Rhône-Alpes et Nouvelle-Aquitaine (Cf. Tableau 12 et Figure 48 ci-après).

Tableau 12 : Synthèse de l'effort de contrôle hivernal annuel depuis 2016.

	Hiver 2016-2017	Hiver 2017-2018	Hiver 2018-2019
Sites prospectés	151	319	543
Grands rhinolophes comptés	7642	19478	25127
Grands rhinolophes "scannés"	6687	17343	22931
Effort de contrôle	87,5%	89,0%	91,3%
Individus contrôlés en hiver (lecteurs manuels)	197	511	715
Individus contrôlés en hiver (tous lecteurs)	206	549	882

Les individus « scannés » ne sont donc pas nécessairement marqués, ce sont les individus auprès desquels nous avons pu passer un lecteur. La hauteur des individus limite en effet les possibilités de lecture, la rallonge et la perche dont nous disposons limite les lectures à environ 7 m de hauteur.

Précisons que les effectifs comptés ne correspondent pas aux effectifs synthétisés dans la partie concernant le suivi des sites d'hibernation car parfois plusieurs passages ont été réalisés le même hiver dans le même site pour maximiser les contrôles de Grand rhinolophe. On le verra plus loin mais les mouvements en hiver peuvent être réguliers.

Lors de l'hiver 2016-2017, ce sont 6 687 Grands rhinolophes qui ont ainsi été lus (« scannés ») sur plus de 7 600 individus comptés exclusivement au sein de l'ex Poitou-Charentes dans 151 sites souterrains. Parmi ces individus, 197 étaient effectivement marqués.

Lors des hivers suivants (2018 et 2019), l'effort de contrôle s'est accentué dans les départements et régions limitrophes ce qui explique l'augmentation très importante du nombre d'individus lus et contrôlés comme l'indique la Figure 47 ci-après.

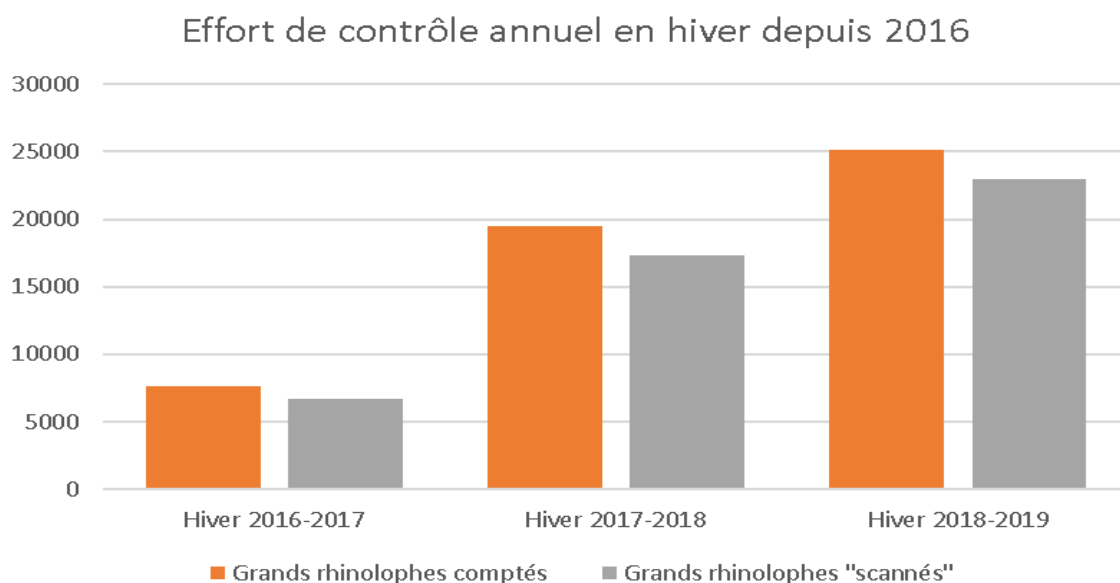


Figure 47 : Evolution de l'effort de contrôle annuel hivernal depuis 2016.

De la même façon, l'installation de plusieurs systèmes de contrôle automatique sur des sites de transit/hibernation, principalement depuis 2018, permet désormais d'augmenter considérablement le nombre d'individus contrôlés en hiver. C'est ainsi que lors de l'hiver 2018-2019, 167 individus supplémentaires ont été contrôlés grâce aux lecteurs automatiques (715 contrôlés manuellement et 882 par les systèmes manuels et automatiques).

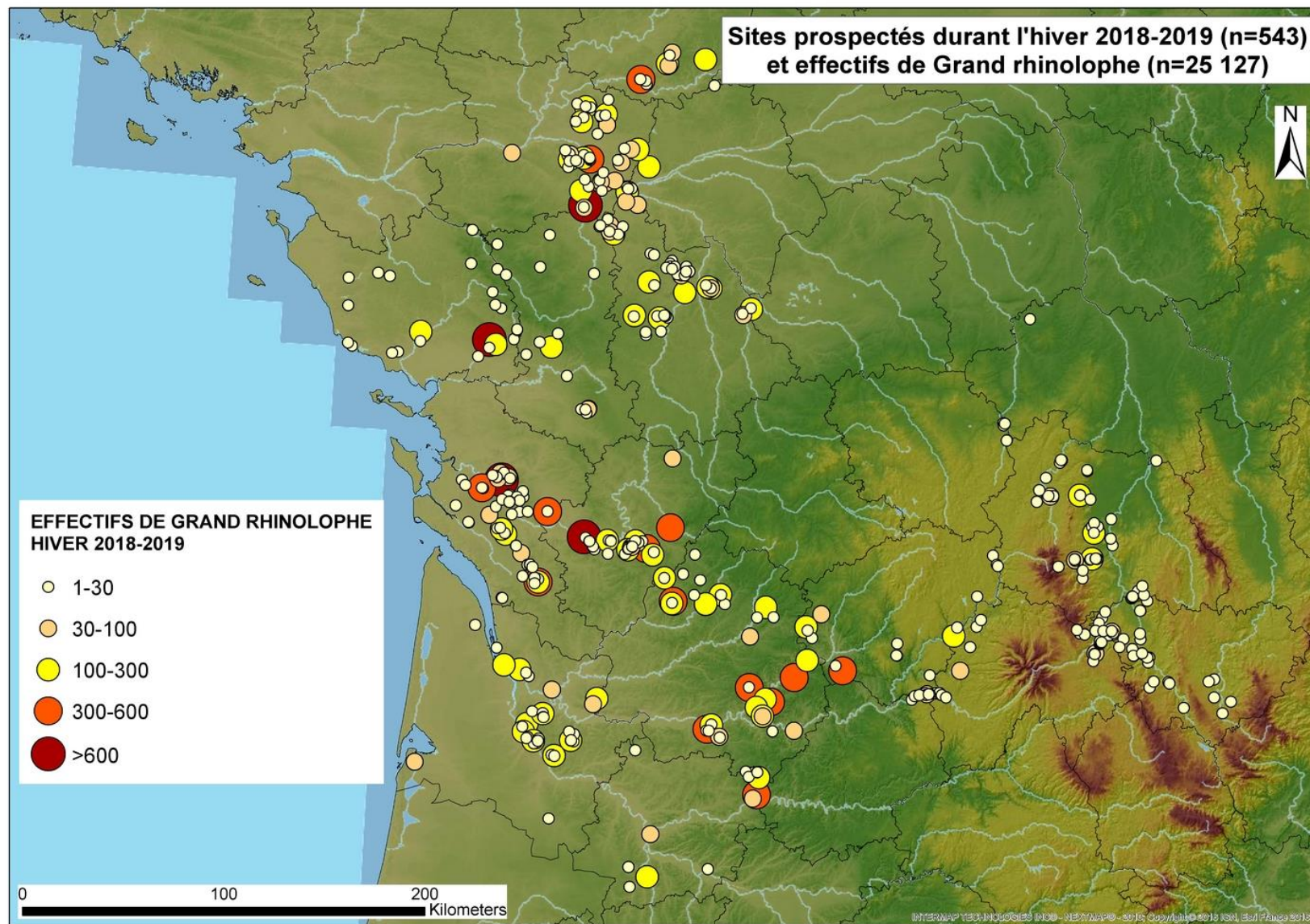


Figure 48 : Localisation des sites souterrains où des Grands rhinolophes ont été «scannés» l'hiver 2018-2019.

Respectivement durant ces 3 derniers hivers, les contrôles ont représenté 28,2 %, 25,2 % et 23,4 % du total des individus marqués (Tableau 13). On constate cependant une baisse assez importante de cette proportion dès le 2ème hiver. Le 3ème hiver, pour les premiers individus marqués en 2016, cette proportion représente moins de 10 % avec 72 individus contrôlés en 2018-2019.

Tableau 13 : Nombre et proportion d'individus contrôlés entre chaque hiver depuis 2016.

Contrôles inter-hivernaux	Total ind. marqués (cumuls)	Contrôlés hiver h+1	h+1 %	Contrôlés hiver h+2	h+2 %	Contrôlés hiver h+3	h+3 %
2016	730	206	28,2%	102	14,0%	72	9,9%
2017	2180	549	25,2%	292	13,4%		
2018	3777	882	23,4%				

Enfin, 53 individus de 2016 ont été contrôlés chacun des trois hivers, ce qui signifie aussi que 19 individus de 2016 sont « apparus » ou « réapparus » en 2018-2019.

Ce constat traduit potentiellement plusieurs phénomènes :

- ✓ Une mortalité chez les juvéniles (majoritaires dans l'échantillonnage) importante après le 1^{er} hiver ;
- ✓ Le rejet du transpondeur longtemps après la pose ;
- ✓ Une dispersion très importante et à grande échelle après le 1^{er} hiver ;
- ✓ Une baisse de l'efficacité de lecture des transpondeurs dans les groupes d'individus liée à la technologie utilisée (plus les groupes contiennent d'individus transpondés, moins le lecteur réussit à les lire du fait d'une perturbation électromagnétique générée par les transpondeurs proches).

Nous ne disposons pas encore des réponses à toutes ces hypothèses mais les analyses inter-annuelles qui suivent, les analyses génétiques et des déplacements observés en apportent une partie.

Si l'on observe l'ensemble des contrôles inter-annuels réalisés (contrôles hivernaux, en transit et contrôles sur les colonies de parturition), on constate que plus de 60 % des Grands rhinolophes marqués sont contrôlés l'année suivante (Tableau 14). Cette proportion tombe à 53 % deux ans après pour les individus marqués en 2016.

Tableau 14 : Nombre et proportion d'individus contrôlés entre chaque année depuis 2016.

Contrôles interannuels	Total ind. marqués (par année)	Contrôlés année n+1	n+1 (%)	Contrôlés année n+2	n+2 (%)	Contrôlés année n+3	n+3 (%)
2016	730	442	60,5%	386	52,9%	165	22,6%
2017	1450	898	61,9%	394	27,2%		
2018	1597	546	34,2%				

L'analyse à n+2 est encore prématurée du fait de l'installation récente des systèmes automatiques sur certains sites suivis en continu (2018 essentiellement), c'est pourquoi les résultats apparaissent grisés dans le tableau ci-dessous. En effet, les données du tableau (Tableau 14), ne prennent en compte les données que jusqu'en mai 2019 dans le meilleur des cas, et ce, pour une partie des sites uniquement. Une analyse plus fine sera possible une fois la période de parturition de 2019 terminée.

D'ores et déjà, avec plus de 60 % de contrôles inter annuels à n+1, nous pouvons exclure tout problème lié au transpondeur. Précisons également que la totalité des sites où des individus ont été transpondés ne sont pas suivis par des systèmes automatiques en continu.

Outre des écueils méthodologiques, l'hypothèse biologique d'une forte dispersion juvénile sur des sites lointains et non suivis reste la plus probable à nos yeux. Dans la perspective d'étendre ces suivis de sites hivernaux aux sites des régions périphériques, il y a à la clé d'une réponse à ce phénomène. Quant à la mortalité juvénile, elle sera appréciée statistiquement grâce aux modèles de CMR qui seront développés dans le cadre d'une thèse prochainement et qui nous permettra de juger de son importance. Toutefois les taux de retour des juvéniles sur colonies de mise bas (68 % des F, 43,7 % des M - Tableau 16) montrent déjà que 54 % ne sont pas morts après le premier hiver et potentiellement bien plus pourront être estimés par modélisation.

4.4. Fidélité aux sites et déplacements individuels

4.4.1. Fidélité aux colonies de parturition

Si l'on s'intéresse maintenant uniquement aux colonies de parturition suivies en continu par les systèmes automatiques (n=9), nous constatons des proportions de contrôles bien plus importantes lors de la période de parturition de l'été 2018 (en rouge dans le tableau).

Les différentes colonies suivies en continu et prises en compte dans les résultats présentés sont les suivantes (les dates d'installation des antennes sont également indiquées) (Tableau 15) :

Tableau 15 : Colonies de parturition prises en compte pour les analyses de fidélité et dates de début du suivi de chacune d'elles.

DPT	COMMUNE	DATE INSTALLATION
79	FAYE-L'ABBESSE	28/04/2018
79	FENIOUX	16/04/2018
79	LA CHAPELLE-SAINT-ETIENNE	07/05/2018
79	LE BUSSEAU	16/04/2018
79	LE PIN	18/04/2018
79	XAINTRAY	07/04/2018
79	SAINTE-GEMME	20/02/2018
79	SAINT-MARTIN-LES-MELLE	27/04/2018
17	ANNEPONT	08/03/2017

On le voit, seule la colonie d'Annepont en Charente-Maritime est suivie depuis 2017, ce qui explique notamment les proportions plus faibles calculées en 2017 pour l'ensemble des individus marqués en 2016 sur l'ensemble des colonies considérées.

Pour les mêmes raisons que précédemment, les cases grisées correspondent à l'année 2019 en cours.

D'une manière générale, chez les femelles, qui composent essentiellement ces colonies, on observe un très fort taux de contrôle pour les adultes (+2A), entre 73 et 86 % lors de l'été 2018, que ce soit pour les individus marqués en 2016 ou en 2017 (Tableau 22 et Figure 49 ci-après).

Les femelles marquées immatures (2A) sont également bien contrôlées l'année suivante (elles sont donc +2A et en âge de mettre bas) avec respectivement 53 et 77 % pour les individus de 2016 et 2017. Il en est de même pour les jeunes femelles (1A) avec 55 et 68 % qui sont contrôlées l'année suivante au sein des colonies (et qui sont donc 2A, immatures).

Ceci confirme nos observations de terrain où certaines femelles marquées juvéniles (1A) ou immatures (2A), reviennent sur leur colonie de naissance pour mettre bas. Nous n'avons pas encore regardé ce que représentait cette proportion.

Parmi les individus qui changent de sites d'une année sur l'autre et en ne prenant que les données du mois de juillet, ce comportement ne concerne que 4 individus.

Parmi eux, une femelle adulte (+2A) était allaitante à Allonne le 18 juillet 2016 et allaitante à nouveau à Azay-sur-Thouet le 17 juillet 2018 (4 km de distance entre les 2 colonies). Etant donné la distance entre les 2 colonies nous ne pouvons exclure une femelle qui utilise temporairement une autre colonie proche comme site de transit nocturne.

Les autres individus concernaient un jeune mâle et 2 femelles subadultes. Ces données sont toutes concentrées sur la fin du mois de juillet, période où le transit débute.

Enfin, la présence des mâles dans les colonies semble rester assez faible bien que près de 44 % des mâles 1A marqués en 2017 aient été contrôlés au sein des colonies en 2018. Certains mâles adultes et subadultes semblent aussi assez fidèles à ces colonies. Nous pouvons supposer qu'ainsi une partie de la phase d'accouplement se produise après l'émancipation des juvéniles, dans les colonies de mise bas.

L'état sexuel des mâles chez les Grands rhinolophes étant difficile à caractériser et le nombre capturé de ceux-ci restant faible, nous ne savons pas aujourd'hui quel est l'ampleur de ce phénomène.

Tableau 16 : Synthèse par sexe et âge des individus marqués et contrôlés au sein de 9 colonies de parturition depuis 2016.

Contrôles inter-annuels sur les colonies équipées d'antenne*	SEXE	AGE	Marqués par an	Contrôlés année n+1	% n+1	Contrôlés année n+2	% n+2	Contrôlés année n+3	% n+3
2016	Ensemble 2016		363	174	47,9%	234	64,5%	51	14,0%
	F	+2A	267	164	61,4%	196	73,4%	39	14,6%
		2A	15	9	60,0%	8	53,3%	3	20,0%
		1A	40	20	50,0%	22	55,0%	7	17,5%
	M	+2A	11	3	27,3%	3	27,3%	0	0,0%
		2A	5	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
		1A	25	5	20,0%	5	20,0%	2	8,0%
2017	Ensemble 2017		527	375	71,2%	109	20,7%		
	F	+2A	240	208	86,7%	48	20,0%		
		2A	35	27	77,1%	12	34,3%		
		1A	100	68	68,0%	23	23,0%		
	M	+2A	12	7	58,3%	2	16,7%		
		2A	14	10	71,4%	5	35,7%		
		1A	126	55	43,7%	19	15,1%		
2018	Ensemble 2018		318	113	35,5%				
	F	+2A	141	50	35,5%				
		2A	27	15	55,6%				
		1A	61	21	34,4%				
	M	+2A	1	0	0,0%				
		2A	14	9	64,3%				
		1A	74	18	24,3%				
* Colonies d'Annepont, Faye-L'Abbesse, Fenioux, La Chapelle-Saint-Etienne, Le Busseau, Le Pin, Sainte-Gemme, Saint-Martin-les-Melle et Xaintray									

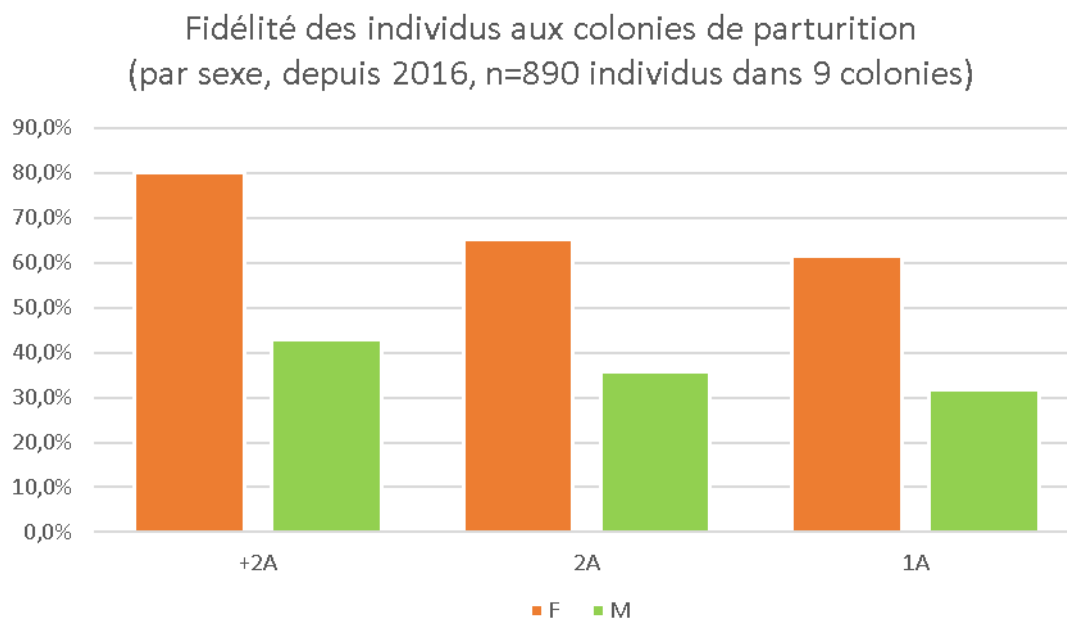


Figure 49 : Fidélité des individus aux colonies de parturition (par sexe, depuis 2016, n=890 individus dans 9 colonies).

Ces analyses restent préliminaires et méritent d’être confortées par la suite mais elles confirment l’intérêt et la pertinence de l’utilisation des transpondeurs comme technique de marquage pour suivre les Grands rhinolophes.

Un projet de thèse devrait débuter en 2020 permettant d’analyser plus en profondeur ces données de CMR (Capture-Marquage-recapture), et de les mettre en relation avec les déplacements et l’écologie du paysage.

4.4.2. Fidélité aux sites d'hibernation

Ces analyses se basent sur les individus contrôlés uniquement par les lecteurs manuels lors des prospections hivernales (n=1 105) et qui ont été contrôlés au moins 2 hivers différents (n=355). Ces données sont les plus représentatives du fait d'un nombre de sites très important prospectés chaque hiver avec ces lecteurs manuels.

Ceci nous donne les différentes possibilités suivantes reprises dans le tableau ci-dessous (Tableau 17).

Tableau 17 : Nombre d'individus contrôlés au moins 2 hivers (contrôles manuels uniquement).

Contrôlés au moins 2 hivers (en nb d'individus)		1A		2A		+2A		TOTAL
		F	M	F	M	F	M	
Transpondés en 2016	H1+H2	26	12	2	3	30	17	90
	H1+H3	8	6	0	2	22	11	49
	H2+H3	7	5	0	3	24	11	50
Transpondés en 2017	H2+H3	53	47	11	7	31	17	166
TOTAL		94	70	13	15	107	56	355

Le nombre d'individus concernés est assez faible (n=355), soit 32,1 % des individus contrôlés en hiver par les lecteurs manuels et seulement 16,2 % de l'ensemble des Grands rhinolophes marqués en 2016 et 2017 (n=2180).

Parmi eux, 60,3 % sont des femelles contre 39,7 % de mâles. Il y a presque la même proportion de juvéniles (1A), que d'adultes (+2A), respectivement 46,2 % et 45,9 %.

Etant donné la faible proportion d'individus contrôlés au moins 2 hivers différents, il est à ce jour encore trop tôt pour tirer des conclusions quant à la fidélité ou non des Grands rhinolophes à leur site d'hibernation.

Les importants déplacements observés et la diminution du nombre d'individus contrôlés d'un hiver à l'autre laissent supposer une dispersion très importante des individus après le 1er hiver, accompagnée probablement d'une mortalité chez les juvéniles qu'il reste à quantifier.

L'importante dispersion observée pourrait être liée à la période de reproduction (accouplements) qui aurait lieu en partie durant l'hiver.

Ces résultats mériteront d'être confortés par les analyses à venir des données de CMR.

Toutefois, sur ces 355 individus, seuls 35 ont changé de sites d'hibernation d'une année à l'autre, soit 9,8%.

Ceci montre que 91,2% des individus contrôlés au moins 2 hivers sont fidèles à leur site d'hibernation.

Le tableau ci-dessous (Tableau 18) synthétise les distances moyennes, minimales et maximales entre les sites d'hibernation selon les âges des individus qui en ont changé.

Tableau 18 : Distances moyennes, minimum et maximum des individus ayant changé de sites d'hibernation.

Distances (en km)	Tous âges (n=35)	1A (n=23)	2A (n=3)	+2A (n=9)
Moyenne	32,59	41,50	32,42	13,21
Minimum	0,55	0,59	3,68	0,55
Maximum	125,76	125,76	54,57	28,91

On note, même si ce comportement représente une part très faible d'individus, que les sites utilisés par les adultes (+2A) d'un hiver à l'autre, sont en moyenne plus proches (13,2 km) que les sites utilisés d'un hiver à l'autre par les 1A (41,5 km) et les 2A (32,4 km).

La distance maximale séparant 2 sites d'hibernation utilisés d'un hiver à l'autre par un individu est de 125 km.

Seule une femelle adulte (+2A) a changé chaque hiver de site d'hibernation, le second distant de 19,6 km du premier et le troisième de 4,5 km du second.

Chaque hiver, nous avons également relevé, pour tous les individus contrôlés par les lecteurs manuels, si ceux-ci se trouvaient dans un groupe avec d'autres congénères ou bien isolés. Ces informations, non analysées à ce jour, permettront d'aborder les stratégies d'hibernation chez le Grand rhinolophe.

4.4.1. Exemples individuels

Les graphiques ci-après présentent des exemples de suivis individuels grâce aux données de contrôles, automatiques ou manuels. On le voit par ces exemples, les possibilités de contrôles automatiques grâce aux transpondeurs nous donnent accès à des paramètres comportementaux sur l'utilisation des sites très précis.

Ces données permettent également de conforter certaines hypothèses portant sur la fidélité des individus à leurs sites.

Le premier exemple (PIT 66465) concerne une femelle marquée juvénile dans sa colonie de naissance à Xaintray le 26/07/2016 (Figure 50).

On observe ainsi que cet individu est allé hiberner à Melle ses deux premiers hivers. Lors du premier printemps (2017), cet individu a fréquenté la colonie de Fenieux située à quelques kilomètres de sa colonie de naissance puis est revenu sur sa colonie de naissance à Xaintray durant l'été 2017.

Après le second hiver, cette femelle, devenue +2A (et donc en âge de mettre bas) est retournée sur sa colonie de naissance pour mettre bas et élever son premier jeune (recapturée physiquement post-allaitante) en juillet 2018.

Après sa première saison de parturition, cet individu a été contrôlé sur une 3^{ème} colonie (Saint-Martin-les-Melle), proche de son site d'hibernation où il a encore été contrôlé l'hiver 2018-2019. Dans ce cas, on observe une très grande fidélité aux sites connus, que ce soit pour la parturition mais aussi pour l'hibernation.

Le second exemple (PIT 66227), est assez similaire au premier si ce n'est qu'il concerne une femelle marquée jeune (1A) sur un site de transit et d'hibernation (Saint-Michel-le-Cloucq) en 2016, sans connaître donc sa colonie de naissance (Figure 51).

On voit que cet individu fréquente assidûment 2 sites (distants d'un peu plus de 20 km), la colonie de parturition de Fenieux et le site d'hibernation où elle a été marquée. Les allers-retours sont parfois quotidiens entre les deux sites, notamment en septembre.

Cette régularité n'empêche pas cet individu de fréquenter de façon épisodique d'autres colonies de parturition proches (La Chapelle-Saint-Etienne et Le Busseau) ainsi qu'un autre site de transit et d'hibernation à Villiers-en-Plaine l'hiver 2018-2019.

Le troisième exemple (PIT 29125) concerne un jeune mâle marqué sur sa colonie de naissance en 2018 (Figure 52).

On voit, malgré quelques échanges avec la colonie de Xaintray proche, que cet individu quitte sa colonie mi-septembre pour gagner un site de transit et d'hibernation à Melle qu'il utilisera jusqu'en octobre en alternant avec quelques passages sur la colonie proche de Saint-Martin-Les-Melle. Cet individu ne sera contrôlé ensuite qu'en janvier 2019 dans une cavité d'hibernation proche d'Angoulême en Charente. On observe ici une dispersion assez importante d'un jeune mâle dès son premier hiver.

Le quatrième exemple (PIT 66489) concerne une femelle marquée adulte (+2A) en 2016 sur la colonie de Xaintray (Figure 53), et qui, malgré quelques passages sur la colonie de Fenioux proche, n'a semble-t-il pas fréquenté d'autres colonies. Cet individu a hiberné en 2016-2017 à Saint-Savinien à plus de 80 km de sa colonie. Elle n'a pas été contrôlée l'hiver suivant mais a été retrouvée, toujours à Saint-Savinien l'hiver 2018-2019. Là encore, on note une grande fidélité au site de mise bas mais aussi au site d'hibernation.

Le cinquième exemple (PIT 28556) concerne un mâle marqué juvénile en 2017 sur sa colonie dans le Marais Poitevin à La Ronde (Figure 54). Cet individu a rapidement transité par le site de Saint-Michel-le-Cloucq où il a passé tout son premier hiver. Entre mai et octobre de sa deuxième année, cet individu n'a pas été contrôlé. Il a de nouveau été contrôlé à l'automne 2018 à Saint-Savinien où il a passé son deuxième hiver ainsi qu'une grande partie du printemps 2019. Ces observations montrent encore une dispersion plus lointaine après le 1^{er} hiver, ce qui constitue probablement une des raisons de la diminution des contrôles hivernaux le 2^{ème} hiver, surtout chez les juvéniles.

Le dernier exemple (PIT 29264) concerne une femelle marquée juvénile à l'automne sur un site de transit et d'hibernation à Melle (Figure 55). Ici, l'individu semble fidèle à trois sites principaux, 2 sites de transit et d'hibernation distants de plus de 60 km (Melle et Saint-Sulpice-d'Arnoult) et à une colonie de parturition à Saint-Martin-les-Melle. Toutefois, l'absence de contrôle de cet individu entre juin et juillet laisse sous-entendre qu'il fréquente une autre colonie de parturition, soit inconnue dans les alentours de Melle, soit non suivie par un système automatique...

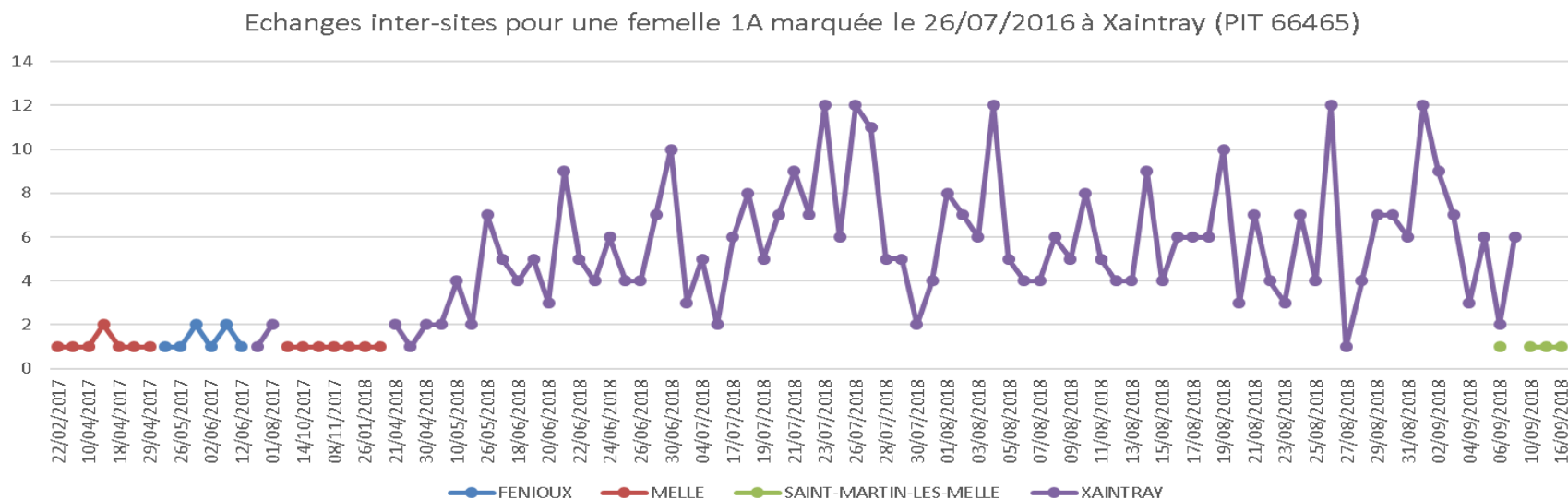


Figure 50 : Echanges inter-sites pour une femelle 1A marquée le 26/07/2016 à Xaintray (PIT 66465).

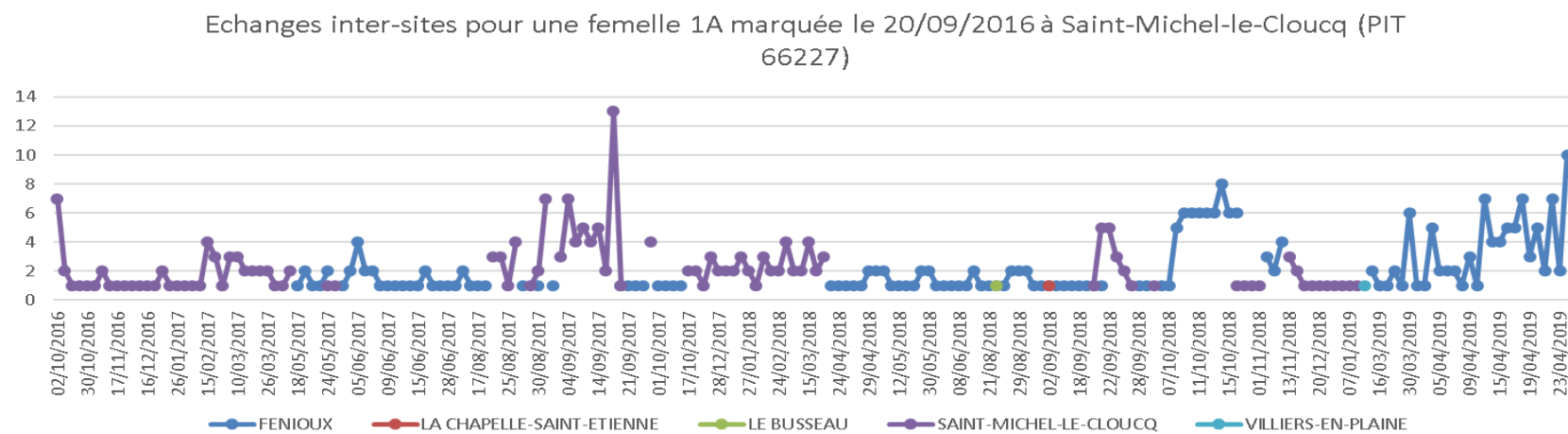


Figure 51 : Echanges inter-sites pour une femelle 1A marquée le 20/09/2016 à Saint-Michel-le-Cloucq (PIT 66227).

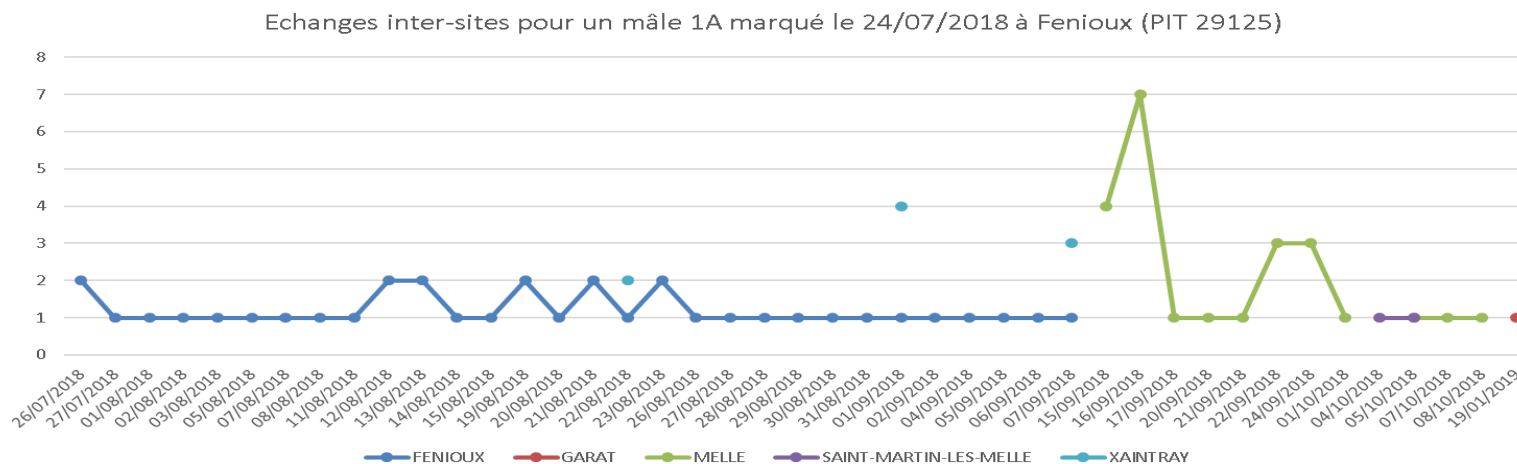


Figure 52 : Echanges inter-sites pour un mâle 1A marqué le 24/07/2018 à Fenioux (PIT29125).

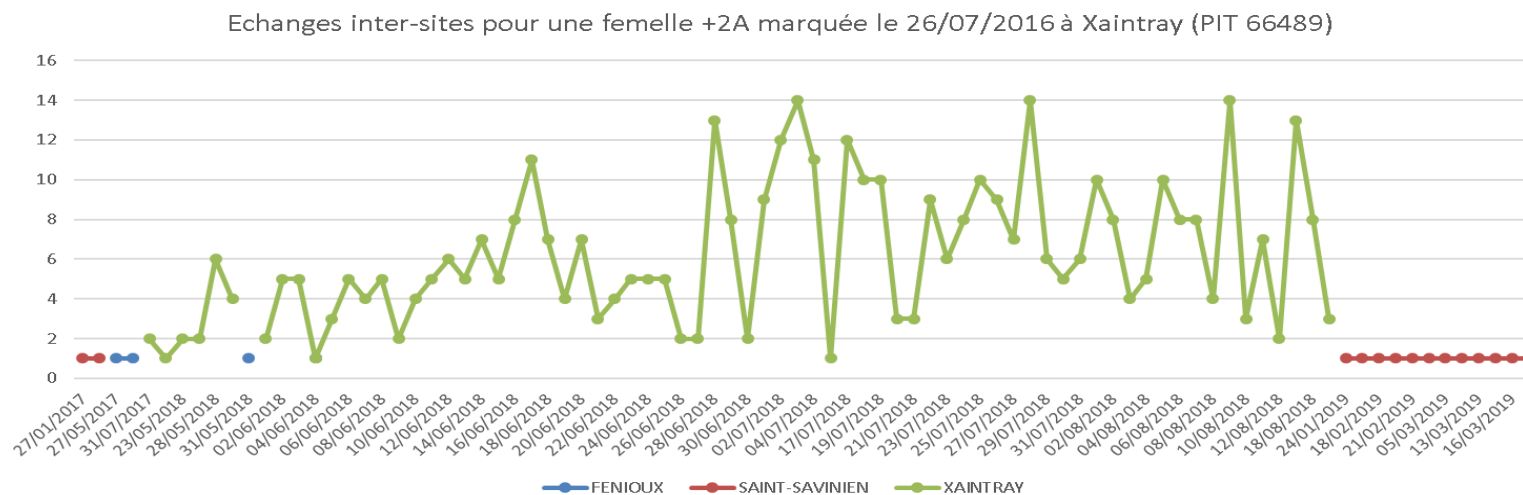


Figure 53 : Echanges inter-sites pour une femelle +2A marquée le 26/07/2016 à Xaintray (PIT 66489).

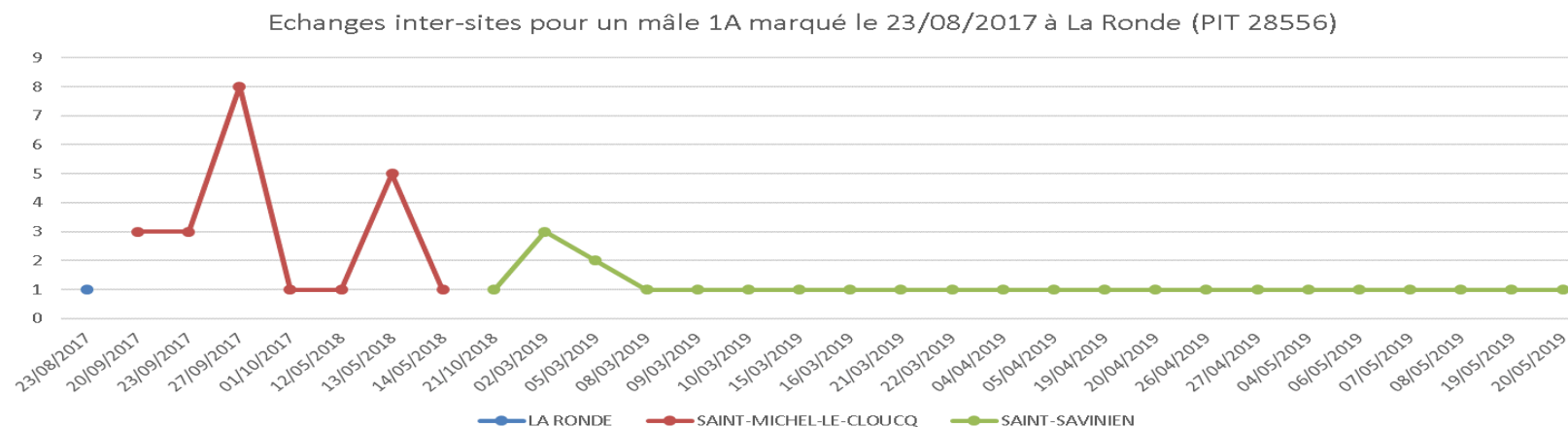


Figure 54 : Echanges inter-sites pour un mâle 1A marqué le 23/08/2017 à La Ronde (PIT 28556).

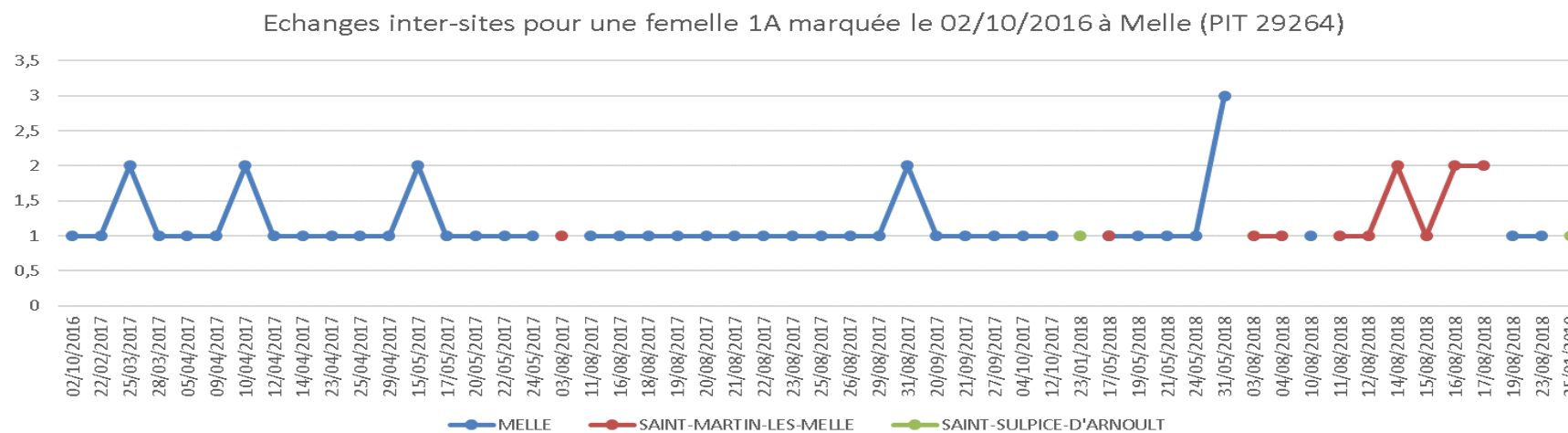


Figure 55 : Echanges inter-sites pour une femelle 1A marquée le 02/10/2016 à Melle (PIT 29264).

4.4.1. Distances de dispersion

La carte (Figure 56) ci-après présente l'ensemble des liens établis entre les sites pour l'ensemble des individus depuis 2016.

Ces données nous indiquent qu'il existe des liens très importants entre les sites, et ce, au sein de l'ensemble de la zone géographique étudiée.

Ils confirment les liens supposés entre les colonies de parturition des Deux-Sèvres et les principaux sites de transit et d'hibernation de Charente et de Charente-Maritime mais aussi de Vendée, du Maine-et-Loire, de Corrèze et au-delà.

D'ores et déjà, il apparaît évident que la conservation de l'espèce doit être réfléchie à une très grande échelle géographique et qu'il devient important de mutualiser les connaissances et les moyens pour définir les priorités d'action à cette échelle.

Déplacements colonies de mise bas - sites d'hibernation (2016-2019)

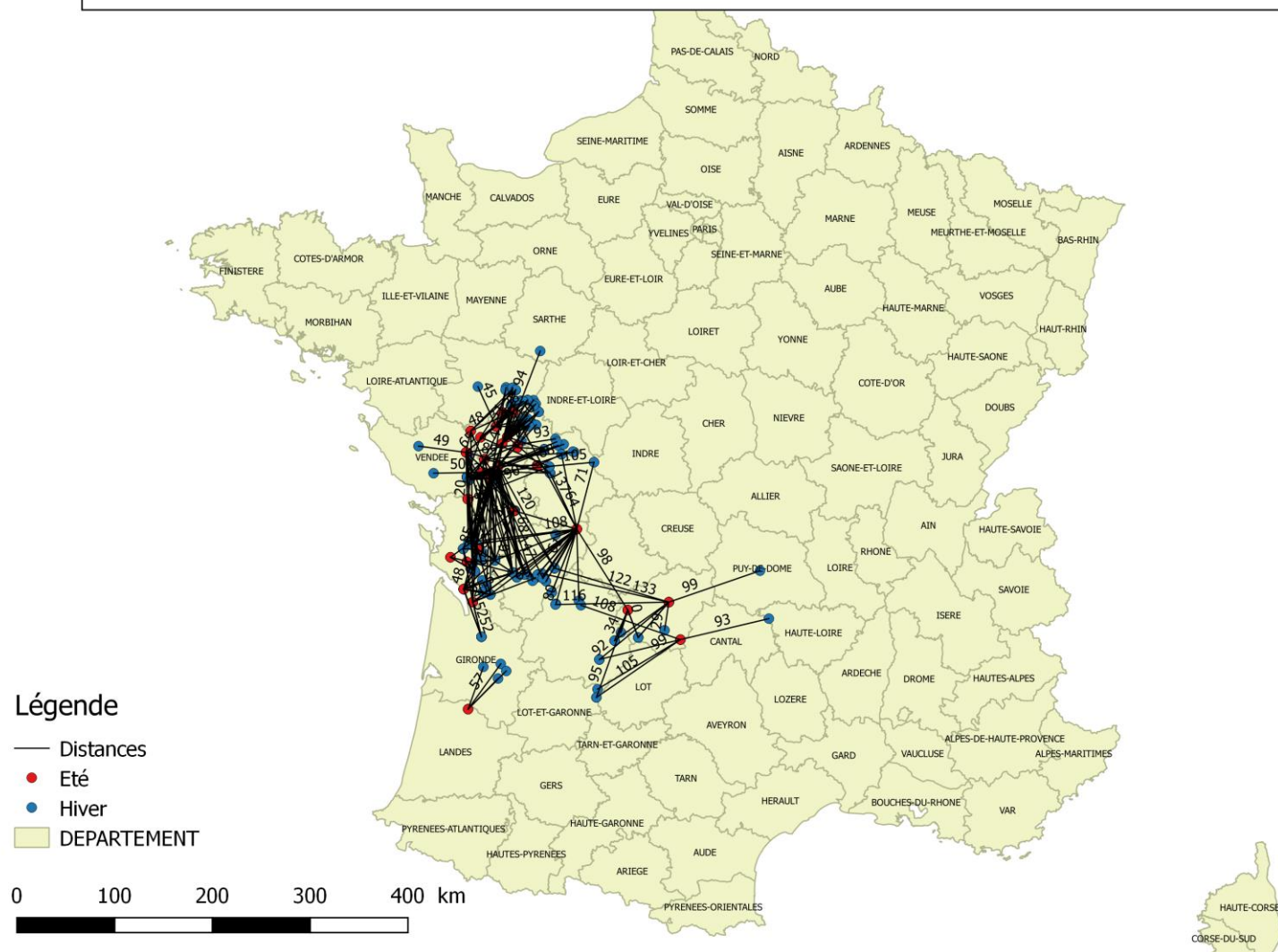


Figure 56 : Ensemble des déplacements entre les sites de mise bas et d'hibernation. Données à jour au 12 mars 2019.

Le tableau ci-dessous (Tableau 19) rassemble les facteurs testés et les résultats pour expliquer les distances parcourues par les individus marqués.

Tableau 19 : Résultat de test d'Anova de type II sur GLM testant les facteurs influant sur la distance parcourue entre été et hiver.

Variables	SumSq	Df	Fvalue	Pr(>F)	Significativité
factor(DPMT)	477168	6	13.0639	8.945e-14	***
SEXE	107474	1	17.6545	3.125e-05	***
AGE	7687	3	0.4209	0.7381	
SEXE:AGE	475846	2	39.0830	<2.2e-16	***
Residuals	3116868	512			

factor (DPMT) = département de mise bas, variable prise en compte dans le modèle afin de tenir compte de l'autocorrélation spatiale.

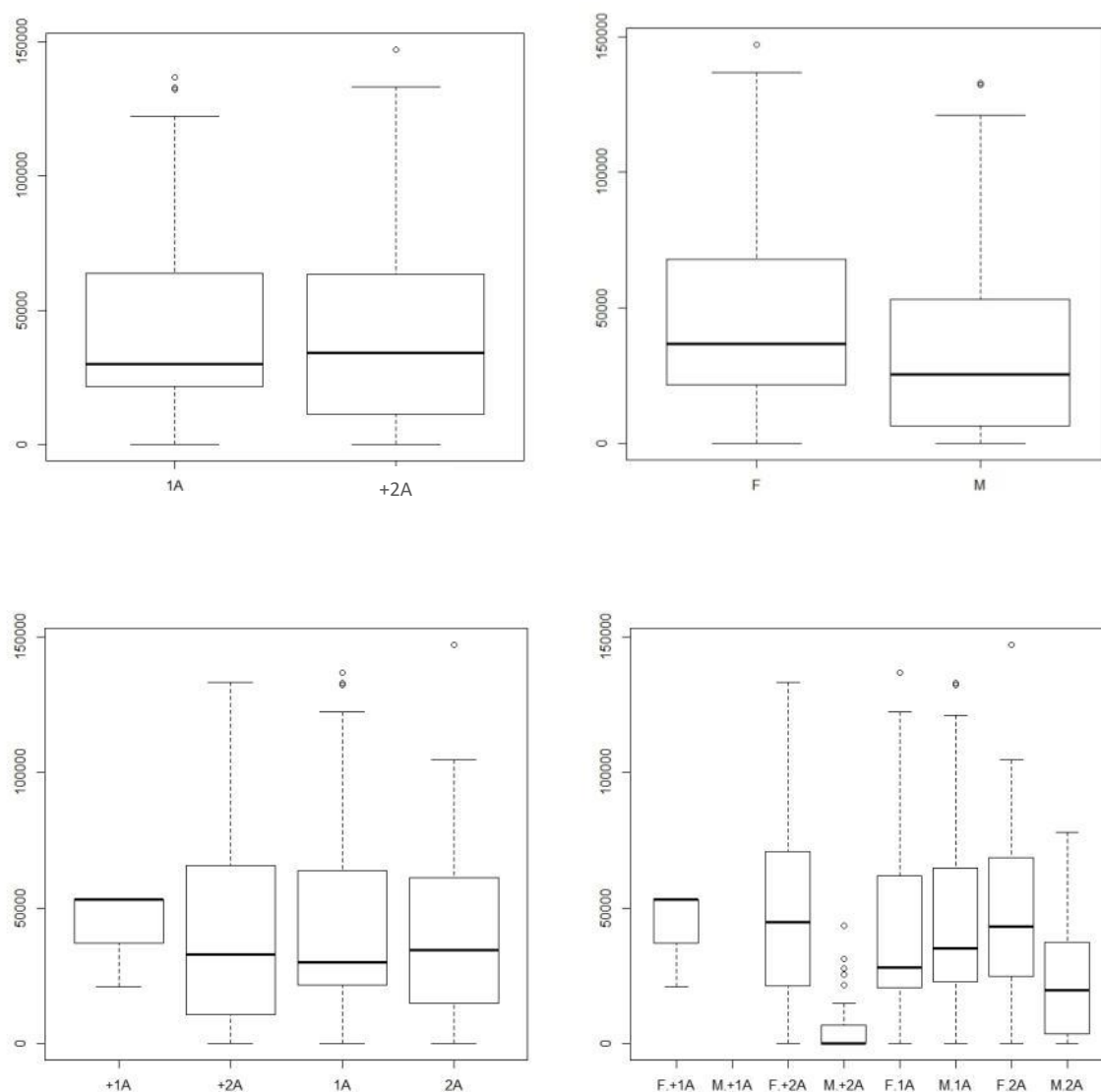


Figure 57 : Quartiles 1 et 3, médiane et écarts-types des distances parcourues (en mètres) par les Grands rhinolophes selon leur âge et leur sexe.

D'après les données actuelles, les distances parcourues ne dépendent pas de l'âge seul mais semblent dépendre du sexe et du sexe en fonction de l'âge (Tableau 19 et Figure 57).

Les femelles adultes et subadultes parcourent de plus grandes distances que les mâles adultes et subadultes. Chez les juvéniles (1A), il n'y a pas de différence significative entre mâles et femelles quant aux distances parcourues.

D'une manière générale, les Grands rhinolophes (adultes et juvéniles confondus) parcourent des distances entre sites de mise bas et d'hiver d'une moyenne de 41,3 km avec un maximum de 147 km (Tableau 20).

La distance nulle est le résultat d'individus qui sont contrôlés l'hiver au sein de leur colonie de parturition.

Ce comportement est observé, pour certains individus, dès les mois de janvier et février, et correspond aux premiers retours vers les colonies de parturition. Suivant les conditions d'humidité et de température de ces gîtes à cette période, les individus peuvent y rester plusieurs jours, plus ou moins en léthargie ou simplement faire des allers-retours quasi quotidiens avec les sites de transit/hibernation lorsque ceux-ci se situent à proximité. Ces comportements sont généralement notés lors de périodes hivernales de redoux.

Tableau 20 : Distance été-hiver de l'ensemble des individus en mètres.

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
0	16820	31550	41310	63670	147100

A noter que 7 % des distances sont supérieures à 100 km. L'écart type des distances parcourues par l'ensemble des individus est de 32,9 km.

Pour les juvéniles, la distance moyenne est de 42,3 km avec un maximum de 136,6 km (Tableau 21).

Tableau 21 : Distance été-hiver des juvéniles (1A) en mètres.

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
0	21740	30020	42370	63670	136600

L'écart type des distances parcourues par les juvéniles est de 33,2 km.

Pour les subadultes et adultes, la distance moyenne est de 40,2 km avec un maximum de 147 km (Tableau 22).

Tableau 22 : Distance été-hiver des subadultes et adultes (2A, +2A)

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
0	11350	34210	40220	63520	147100

L'écart type des distances parcourues par les adultes et subadultes est de 32,5 km.

Ces résultats viennent également confirmer une des hypothèses évoquées plus haut concernant les contrôles inter hivernaux, à savoir que les individus dispersent sur de grandes distances entre les sites d'été et les sites de transit/hibernation.

Un autre modèle incluant l'Indice de Masse Corporelle (IMC) correspondant à la longueur de l'avant-bras sur la masse (AB/Masse) montre un effet également significatif de cette variable sur la distance parcourue. Plus l'indice est grand (meilleure condition), plus la distance parcourue est longue et ce, quel que soit l'âge de l'individu ou le sexe (modèle tenant compte de ces 2 autres variables).

Pour apprécier les différences de capacité de dispersion des différents âges et sexes, il faudrait regarder non pas uniquement la distance mais aussi le nombre de sites visités en transit et en hibernation pour chaque catégorie depuis leur colonie d'été jusqu'à l'hiver suivant. La disponibilité en sites de transit et d'hibernation (nombre et distance entre ces sites et la colonie), doit également être testée.

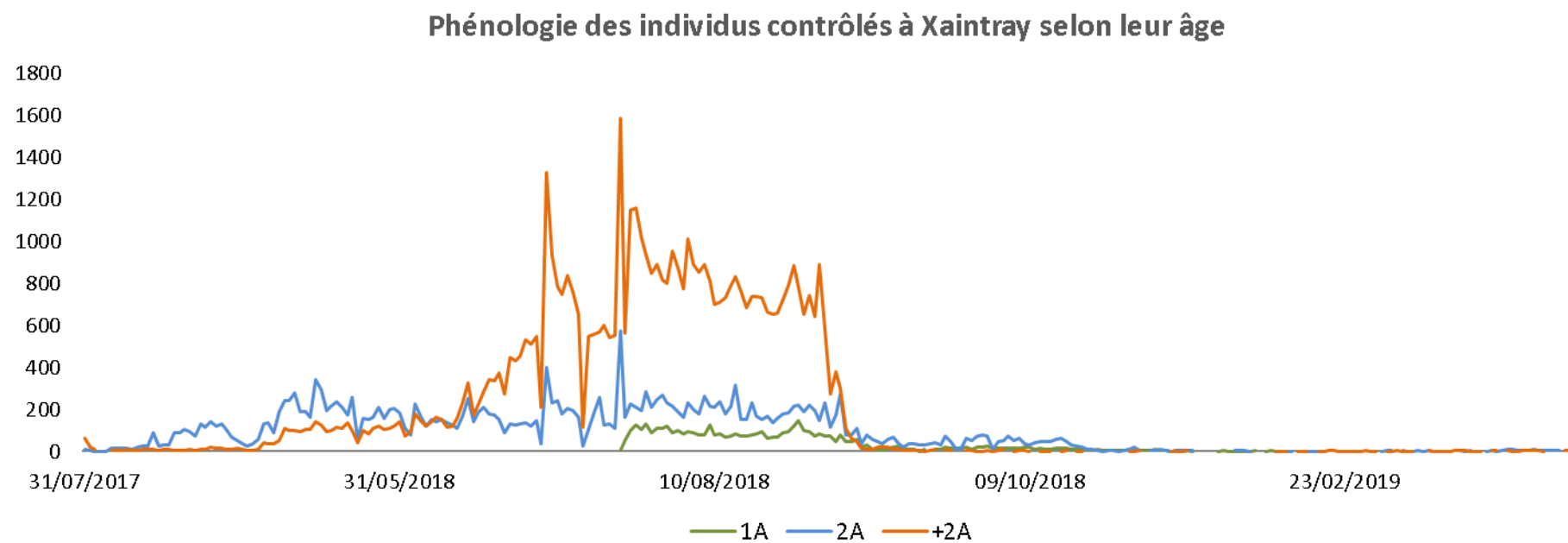


Figure 59 : Phénologie des individus contrôlés à Xaintray selon leur âge.

A Lessac (Figure 60), les trajets été-hiver sont de l'ordre de 70 km en moyenne. Là encore, la dispersion se réalise à grande échelle dans toutes les directions (maximum 136 km).

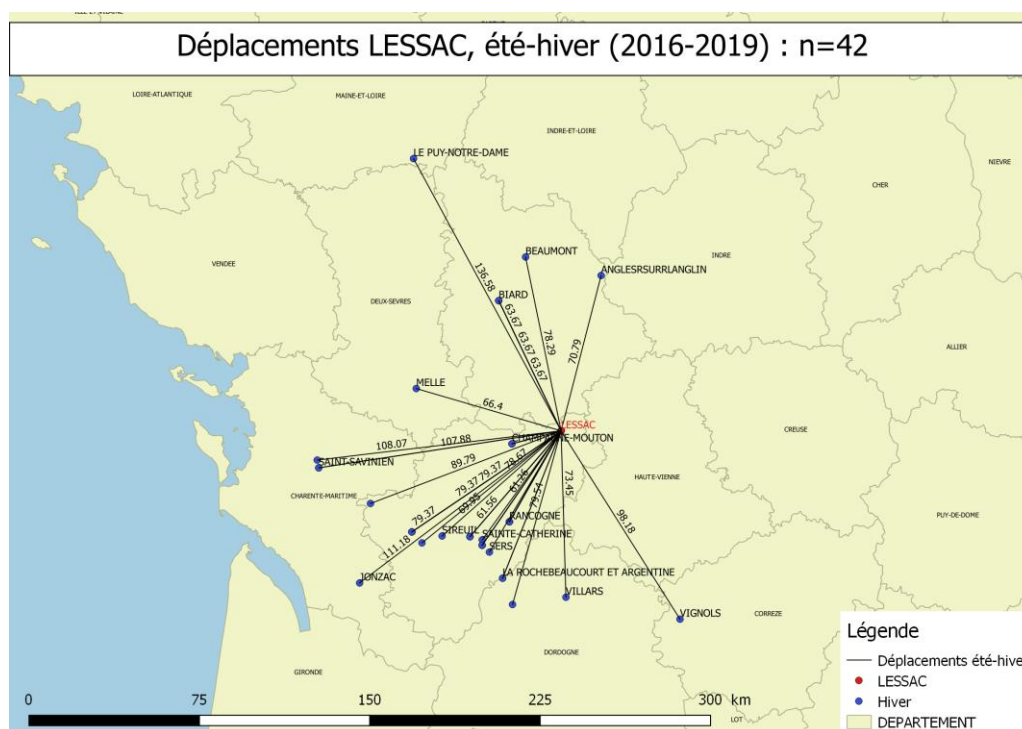


Figure 60 : Déplacements été-hiver des individus marqués à Lessac (79) (distances en km). Exemple: Lessac-Le Puy notre Dame = 136,58 km.

Pour la colonie de Réaumur (Figure 61), la dispersion se réalise principalement vers l'est et le sud et s'explique probablement par la disponibilité en gîtes d'hibernation peu nombreux vers l'ouest. C'est de cette colonie que nous parvient le record de déplacement (147 km) !

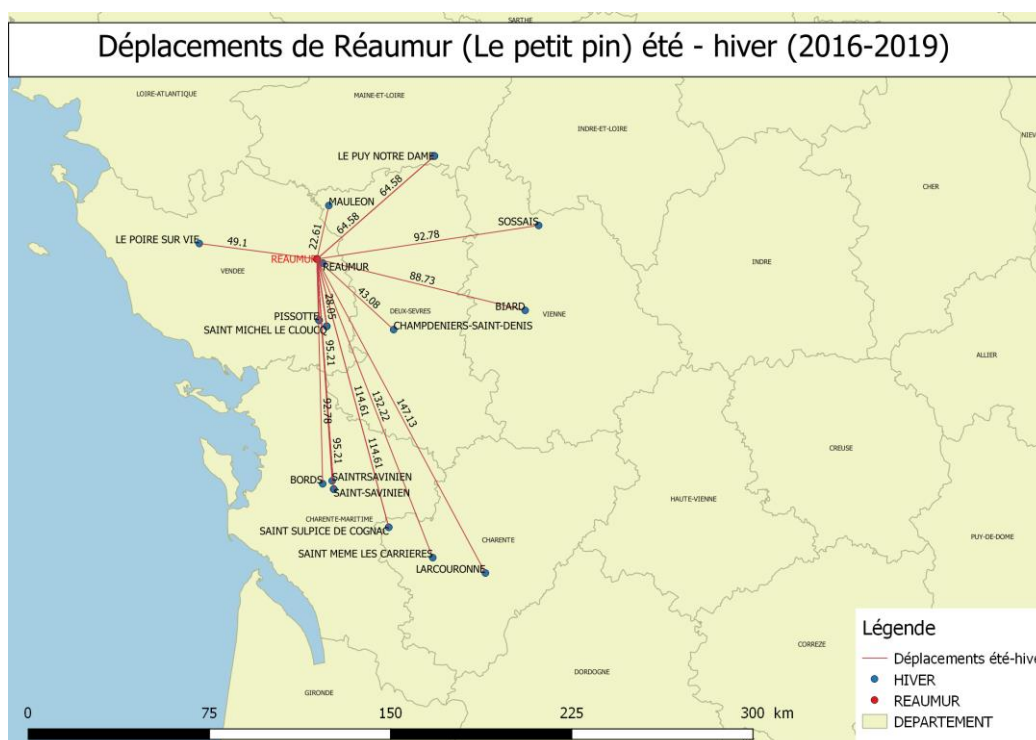


Figure 61 : Déplacements été-hiver des individus marqués à Réaumur (85) (distances en km). Exemple: Réaumur-La Couronne = 147,13 km.

Pour la colonie de Saint-Bonnet-sur-Gironde (Figure 62), également utilisée comme site de transit et d'hibernation, les déplacements semblent s'orienter principalement vers les sites de Charente et Charente-Maritime. Même si plusieurs individus ont été contrôlés en Gironde, aucun ne semble avoir traversé l'estuaire de la Gironde...

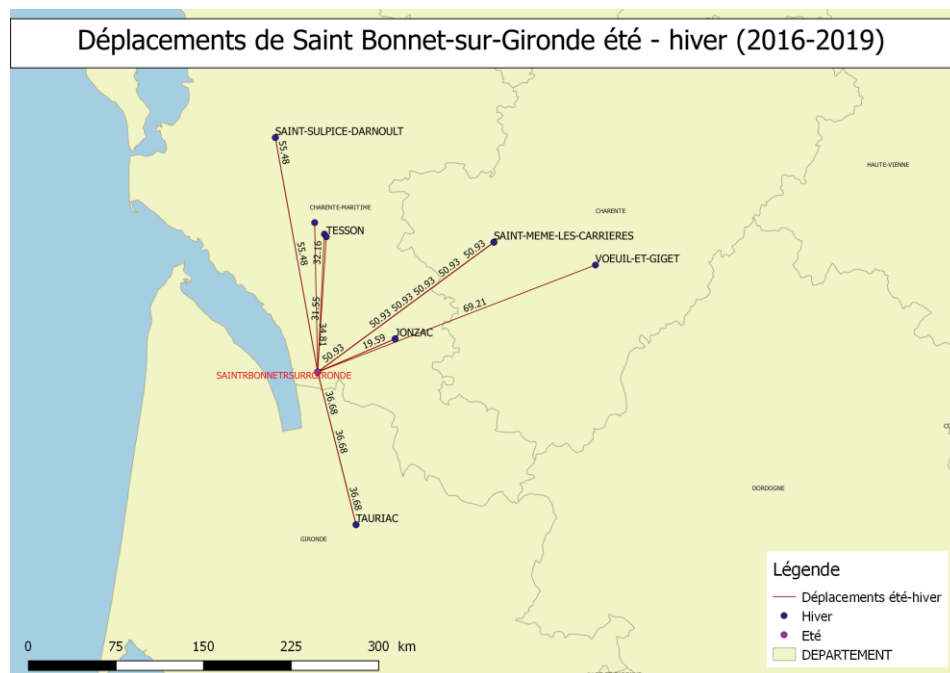


Figure 62 : Déplacements été-hiver des individus marqués à Saint-Bonnet-sur-Gironde (17) (distances en km). Exemple: Saint-Bonnet-sur-Gironde - Voeuil-et-Giget = 69,21 km.

Contrairement à de nombreuses colonies, celle d'Annepont (Figure 63), située dans un secteur où les sites d'hibernation sont nombreux, la dispersion semble avoir lieu dans un périmètre proche (13 km de moyenne). Dans cette colonie, des individus sont contrôlés toute l'année (Figure 64 ci-après).

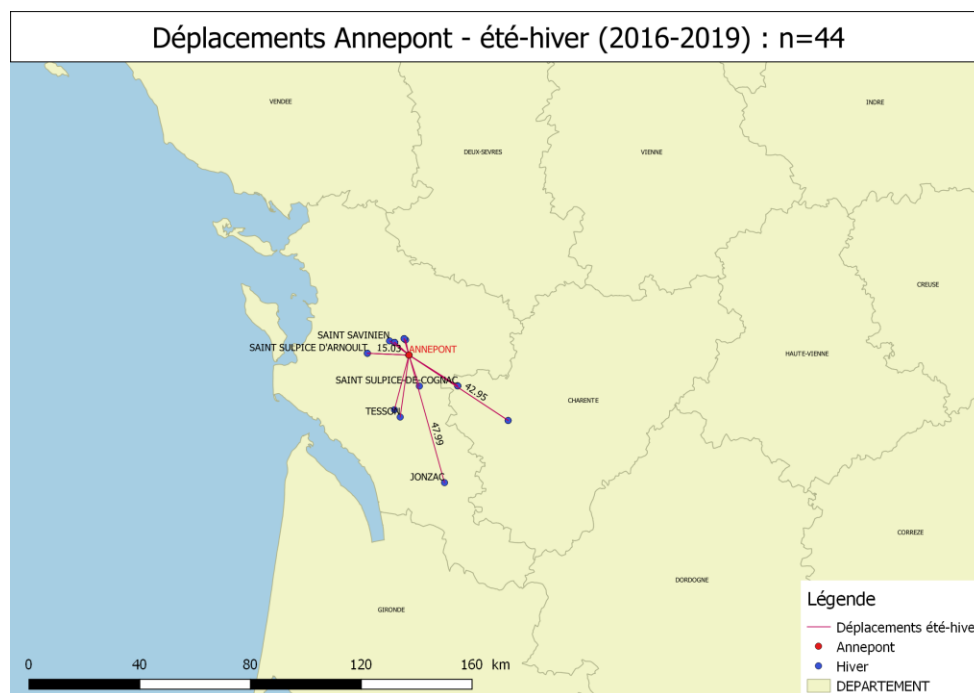


Figure 63 : Déplacements été-hiver des individus marqués à Annepont (17) (distances en km). Exemple: Annepont-Saint Savinien = 6,90 km.

Phénologie des individus contrôlés à Annepont selon leur âge

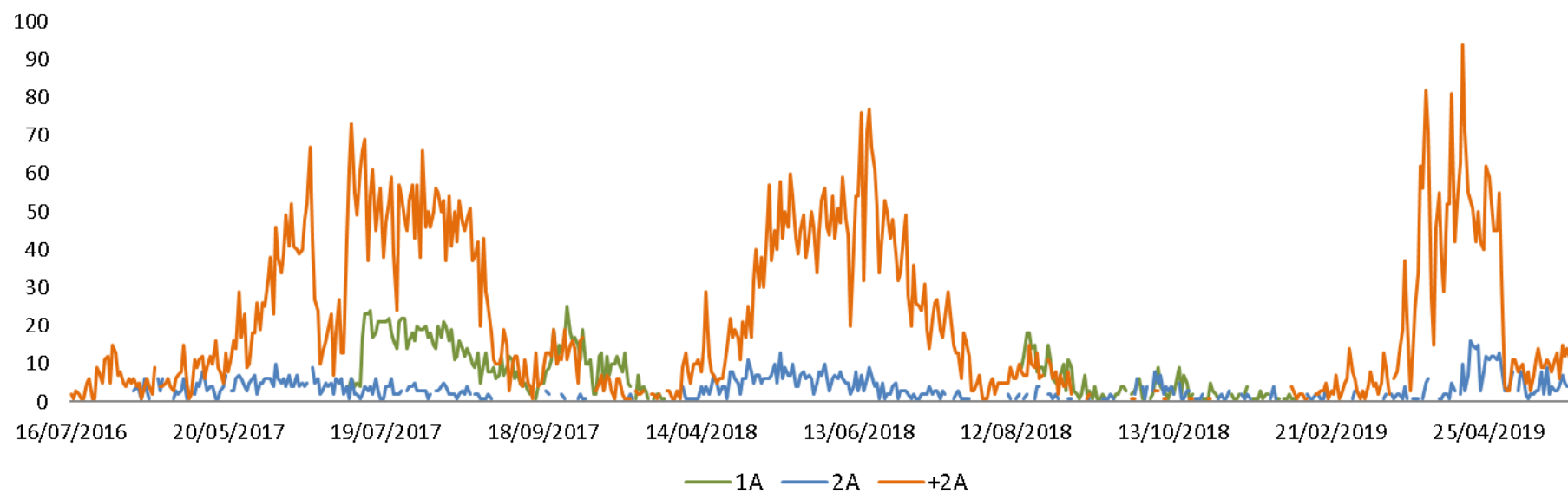


Figure 64 : Phénologie des individus contrôlés à Annepont selon leur âge.

A Faye-L'Abbesse (Figure 65), plus importante colonie connue à ce jour pour l'ex-Poitou-Charentes avec environ 350 femelles adultes de Grand rhinophe (et environ 800 Murins à oreilles échancrées), la dispersion semble se réaliser principalement en direction de la vallée de la Loire où les sites souterrains sont très nombreux. Nous avons malgré tout un individu contrôlé à l'opposé des autres en Charente-Maritime à plus de 100 km.

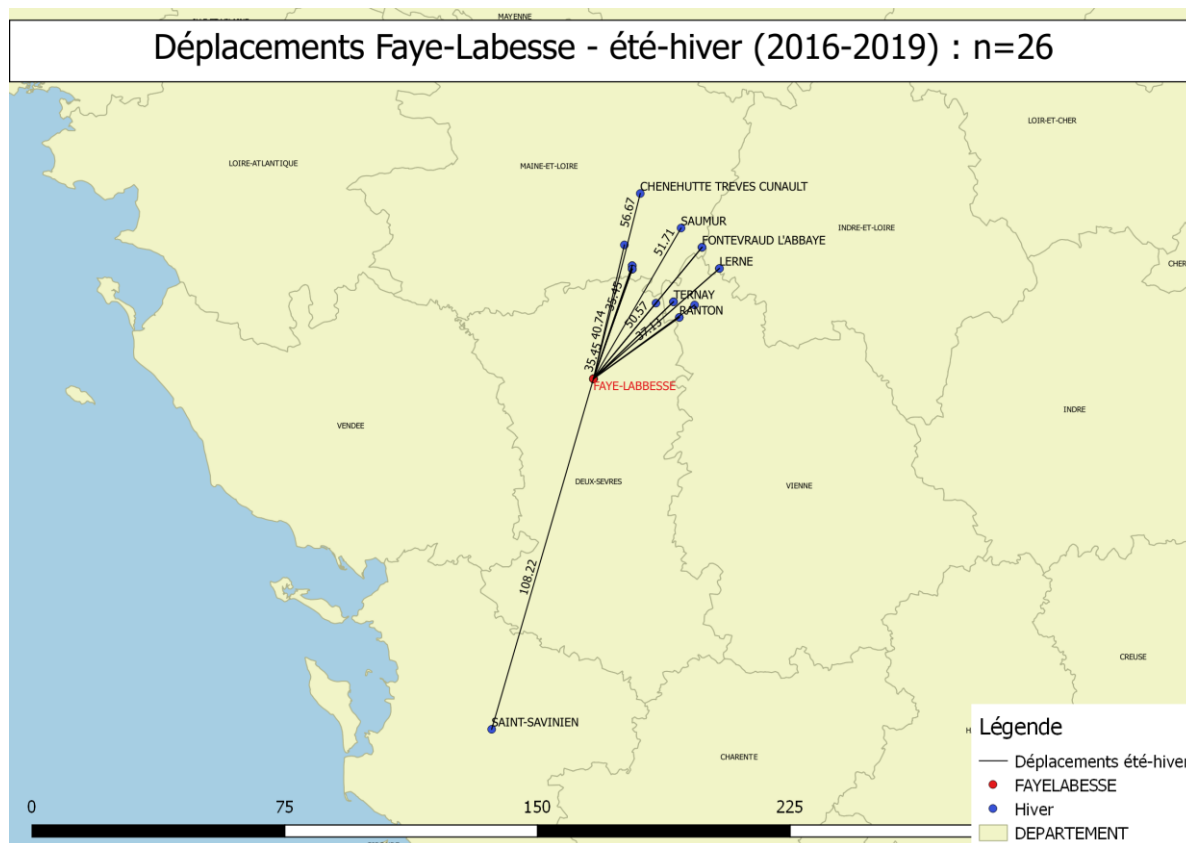


Figure 65 : Déplacements été-hiver des individus marqués à Faye-L'Abbesse (79) (distances en km).
Exemple: Faye-L'Abbesse-Saint-Savinien = 108,22 km.

Comme pour la colonie de Xaintray, la Figure 66 ci-après présente la phénologie d'utilisation de la colonie. L'antenne y est installée depuis le 28/04/2018. La phénologie semble assez similaire à la colonie de Xaintray avec un départ des adultes début septembre et des jeunes et immatures vers fin octobre. On observe un retour des adultes dès mars dans la colonie.

Phénologie des individus contrôlés à Faye-L'Abbesse selon leur âge

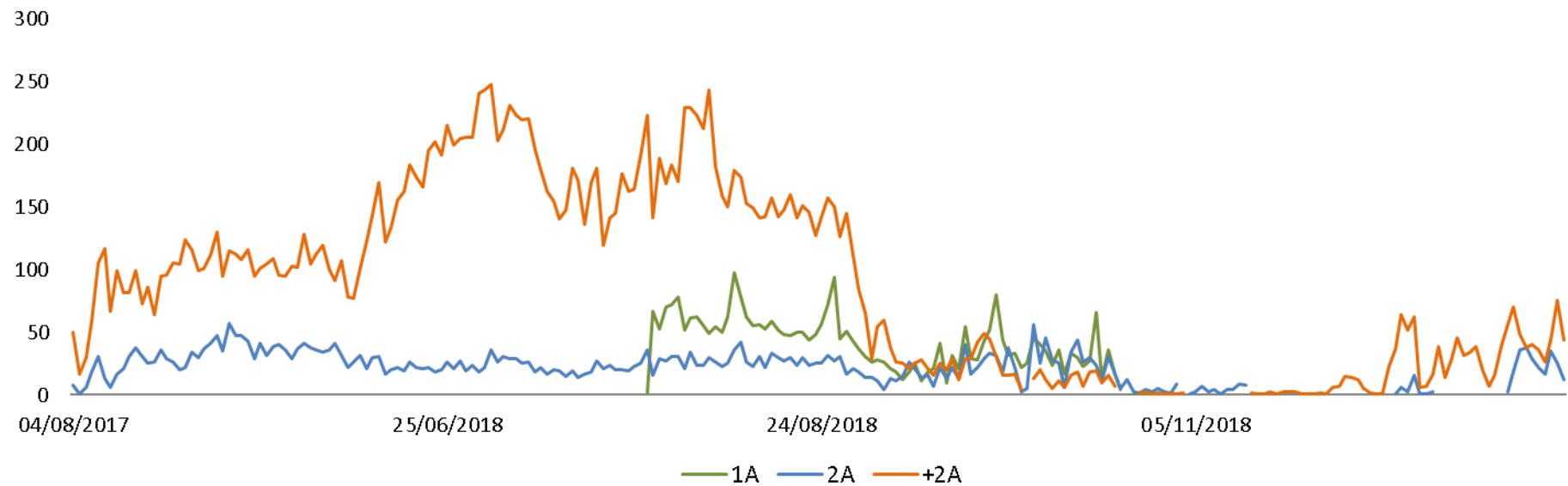


Figure 66 : Phénologie des individus contrôlés à Faye-L'Abbesse selon leur âge.

Si l'on s'intéresse aux trajets empruntés par les juvéniles (1A) d'un côté et les adultes (+2A) et subadultes (2A) de l'autre, on constate le plus souvent qu'ils sont relativement identiques (les individus dispersent globalement dans les mêmes directions vers les mêmes sites).

Cependant, sur certaines colonies, on observe des trajets empruntés uniquement par des juvéniles (Figure 68, Figure 70, Figure 72, Figure 74), notamment pour la colonie de Lessac où une différence nette de direction est observée (sud pour les adultes, alors que les juvéniles semblent disperser dans de plus nombreuses directions).

Ces comportements exploratoires en lien direct avec le comportement de dispersion juvénile sont connus dans le règne animal, toutefois, comme l'ensemble des individus des colonies n'a pas été transpondé et contrôlé, il est difficile d'affirmer que ces trajets n'ont pas aussi été empruntés par des adultes qui leur auraient "montré le chemin", dénotant ainsi une forme d'apprentissage...

La dispersion automnale et hivernale semble ainsi déterminée par la disponibilité proche en sites d'hibernation et, on l'a vu, diffère selon le sexe et le sexe et l'âge.

Les analyses à venir sur les données de CMR devraient apporter des réponses sur les « rôles » joués par les colonies dans les stratégies de dispersion, et donc de reproduction et d'hibernation des individus.

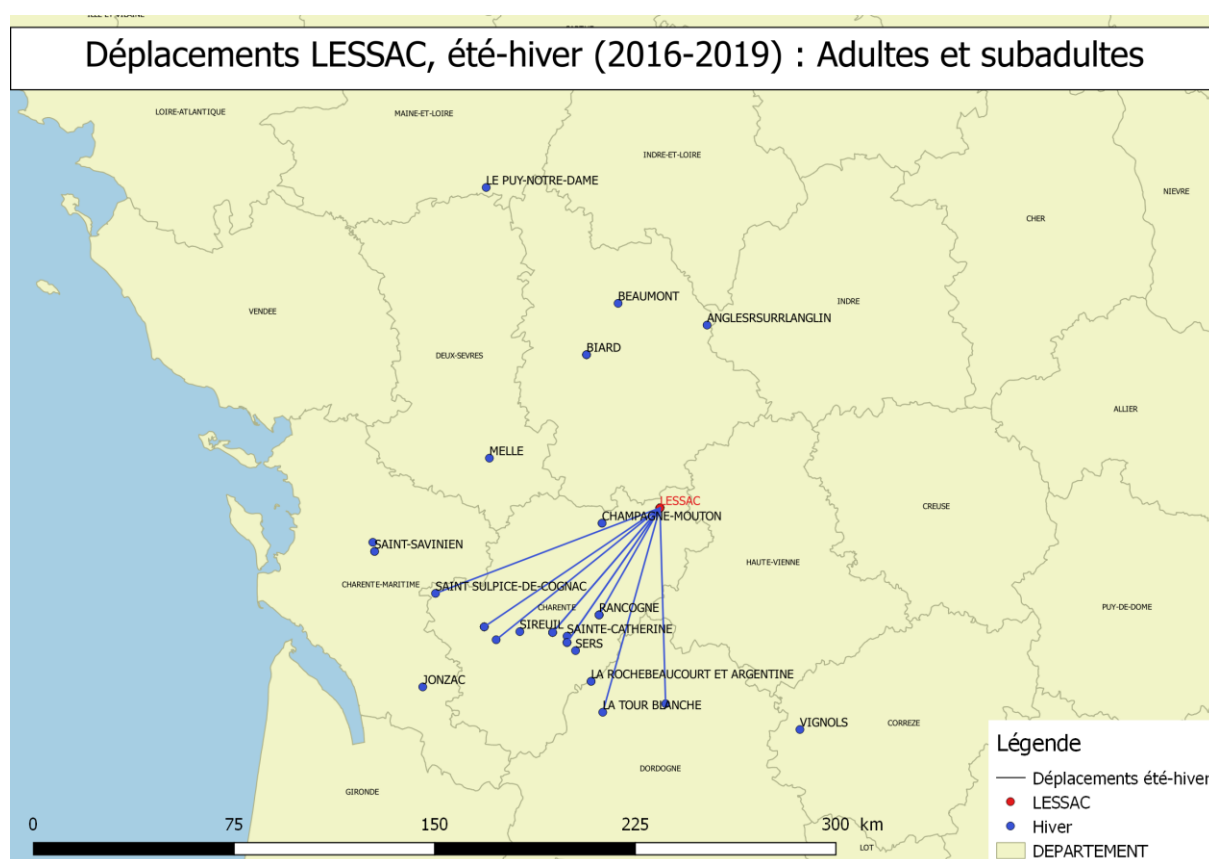


Figure 67 : Déplacements été-hiver des individus adultes et subadultes marqués Lessac (16).

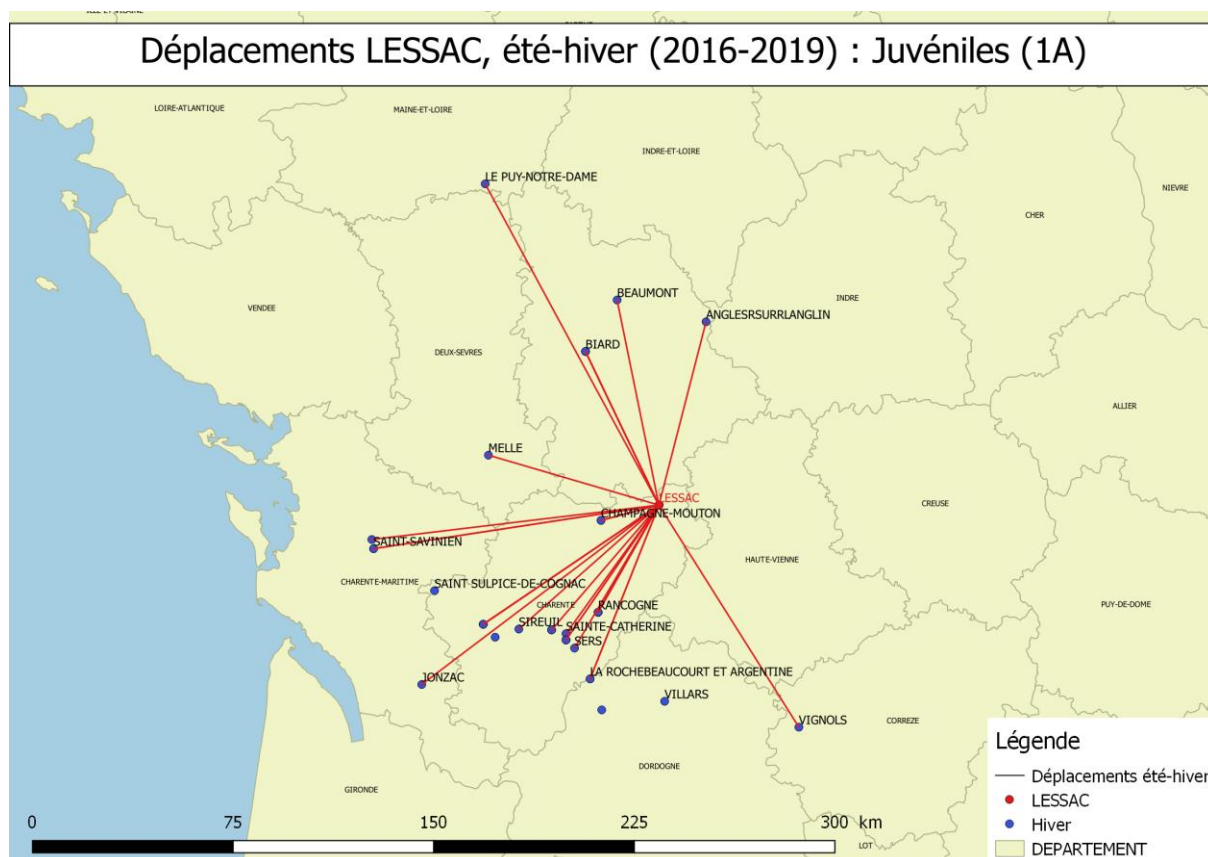


Figure 68 : Déplacements été-hiver des individus juvéniles marqués à Lessac (16).

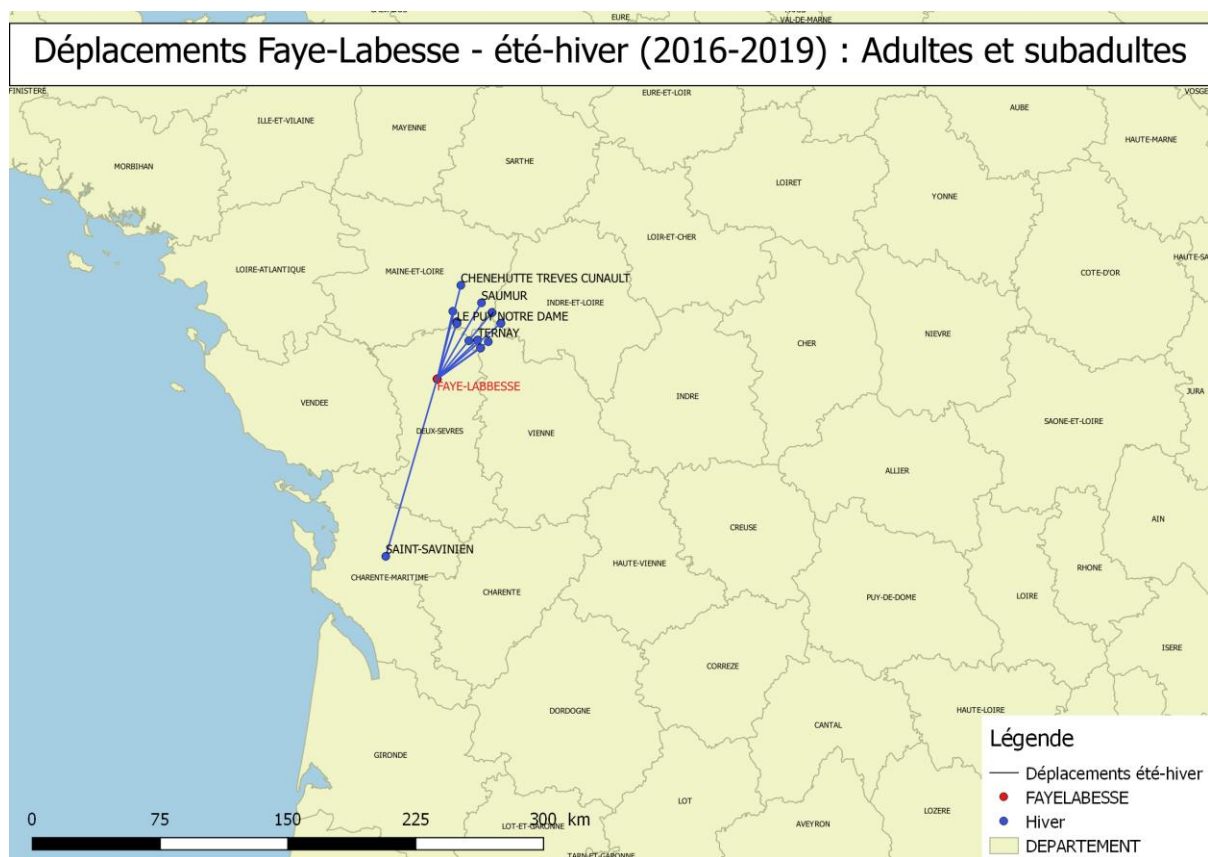


Figure 69 : Déplacements été-hiver des individus adultes et subadultes marqués à Faye-L'Abbesse (79).

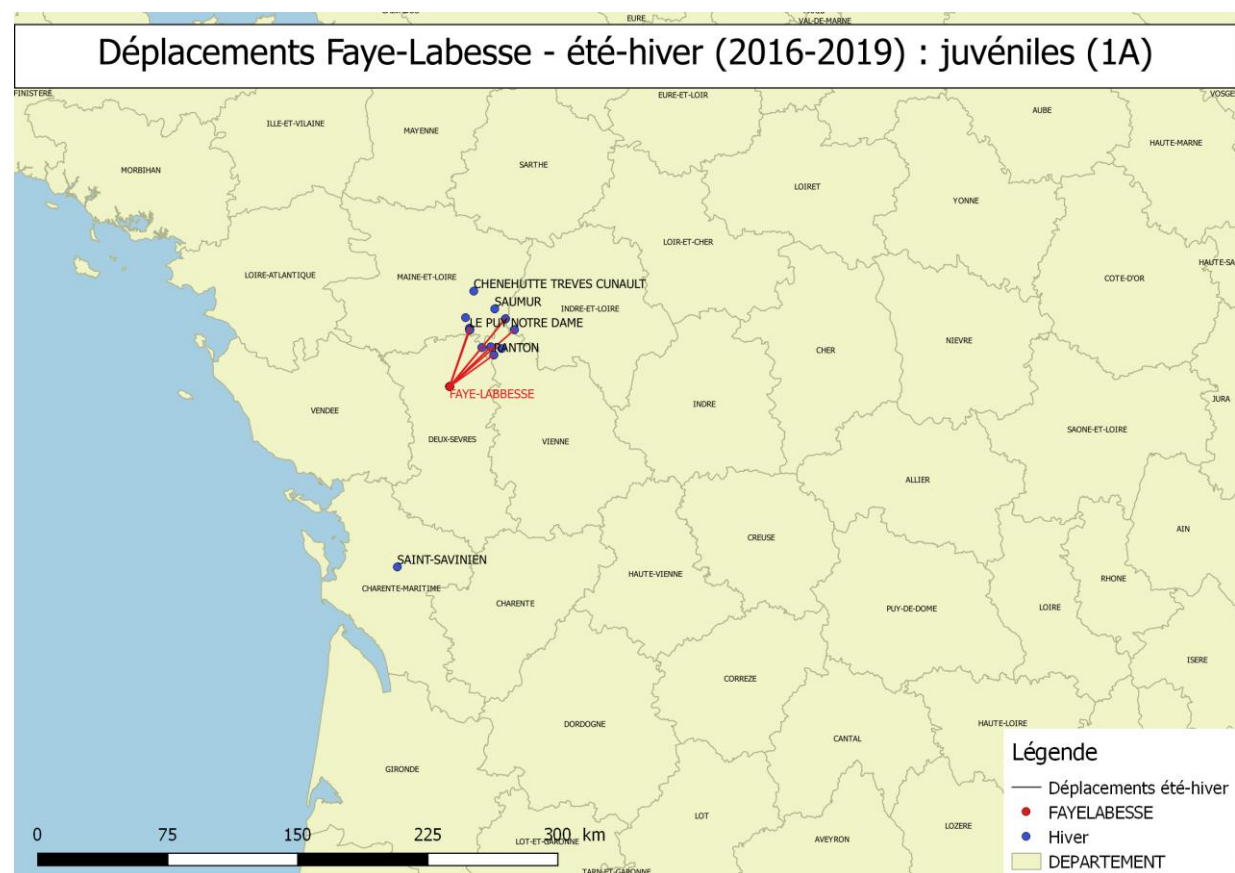


Figure 70 : Déplacements été-hiver des individus juvéniles marqués à Faye-L'Abbesse (79).

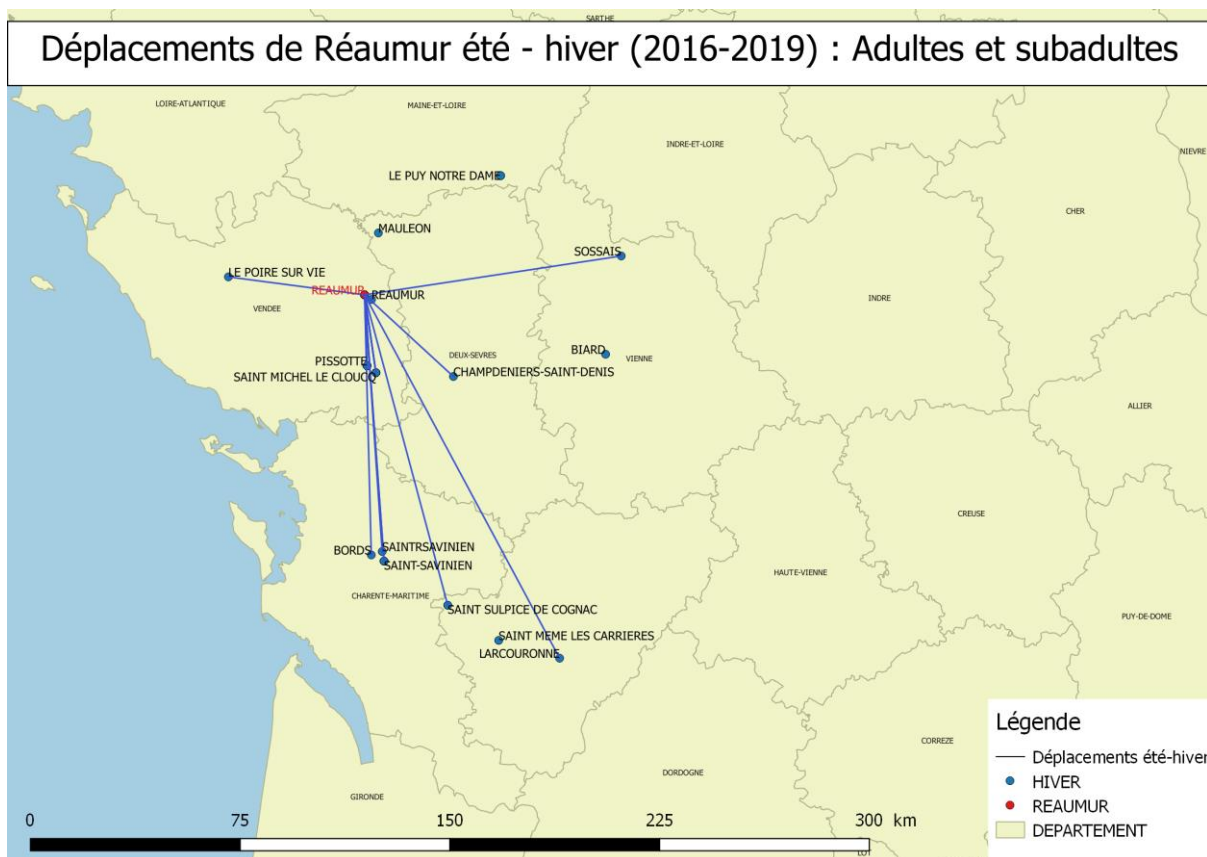


Figure 71 : Déplacements été-hiver des individus adultes et subadultes marqués à Réaumur (85).

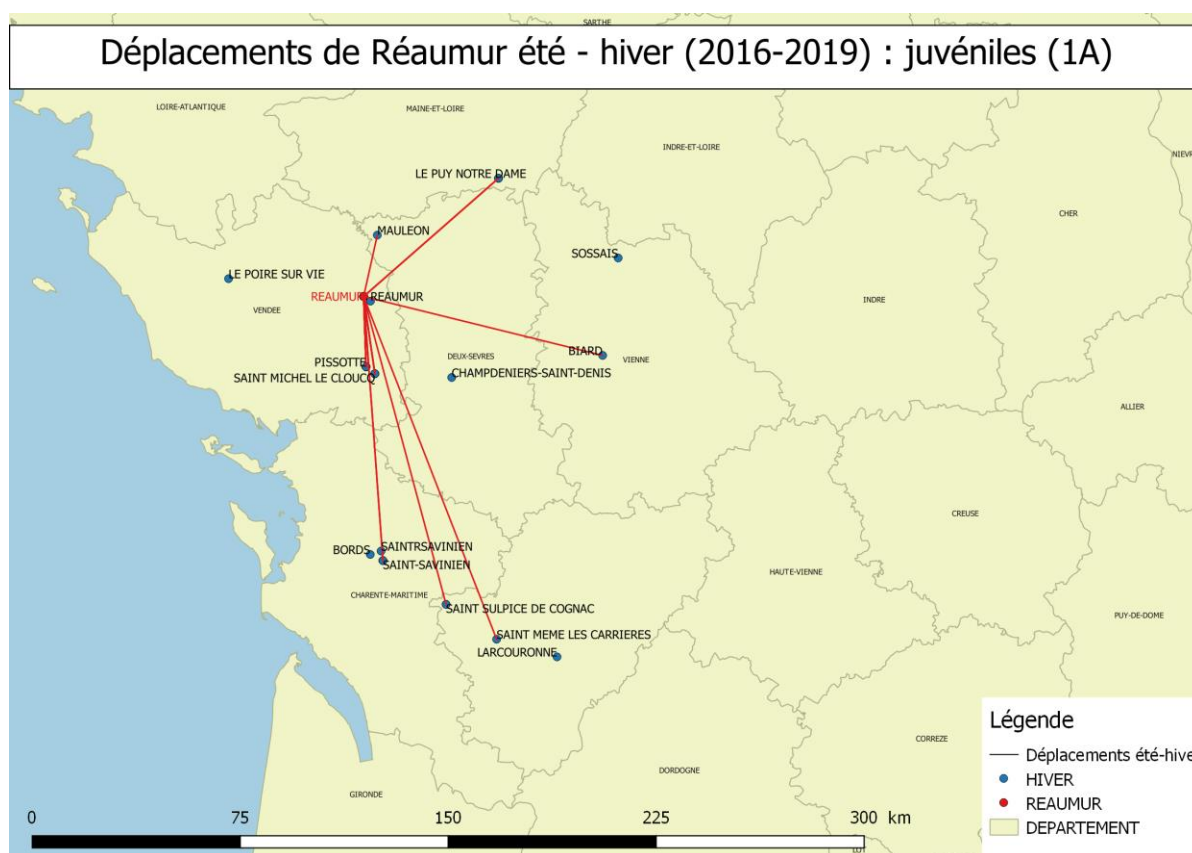


Figure 72 : Déplacements été-hiver des individus juvéniles marqués à Réaumur (85).

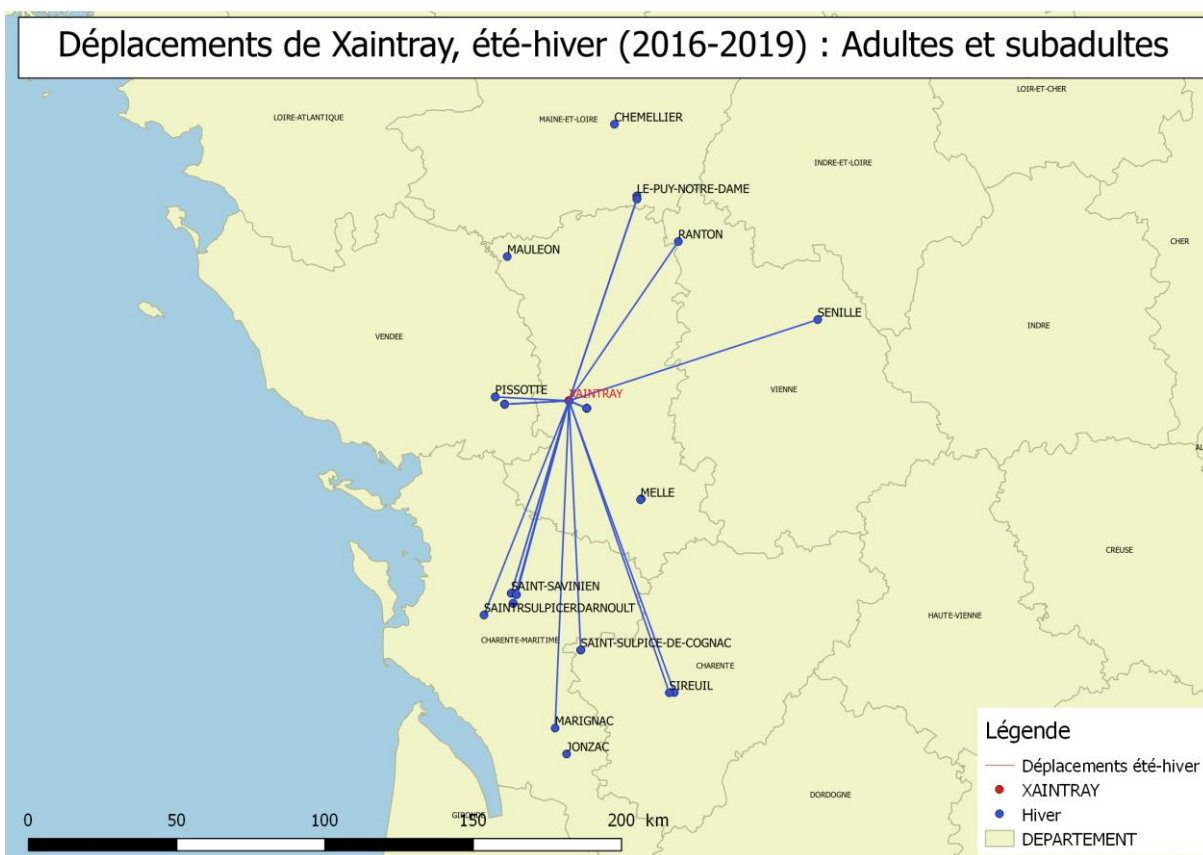


Figure 73 : Déplacements été-hiver des individus adultes et subadultes marqués à Xaintray(79).

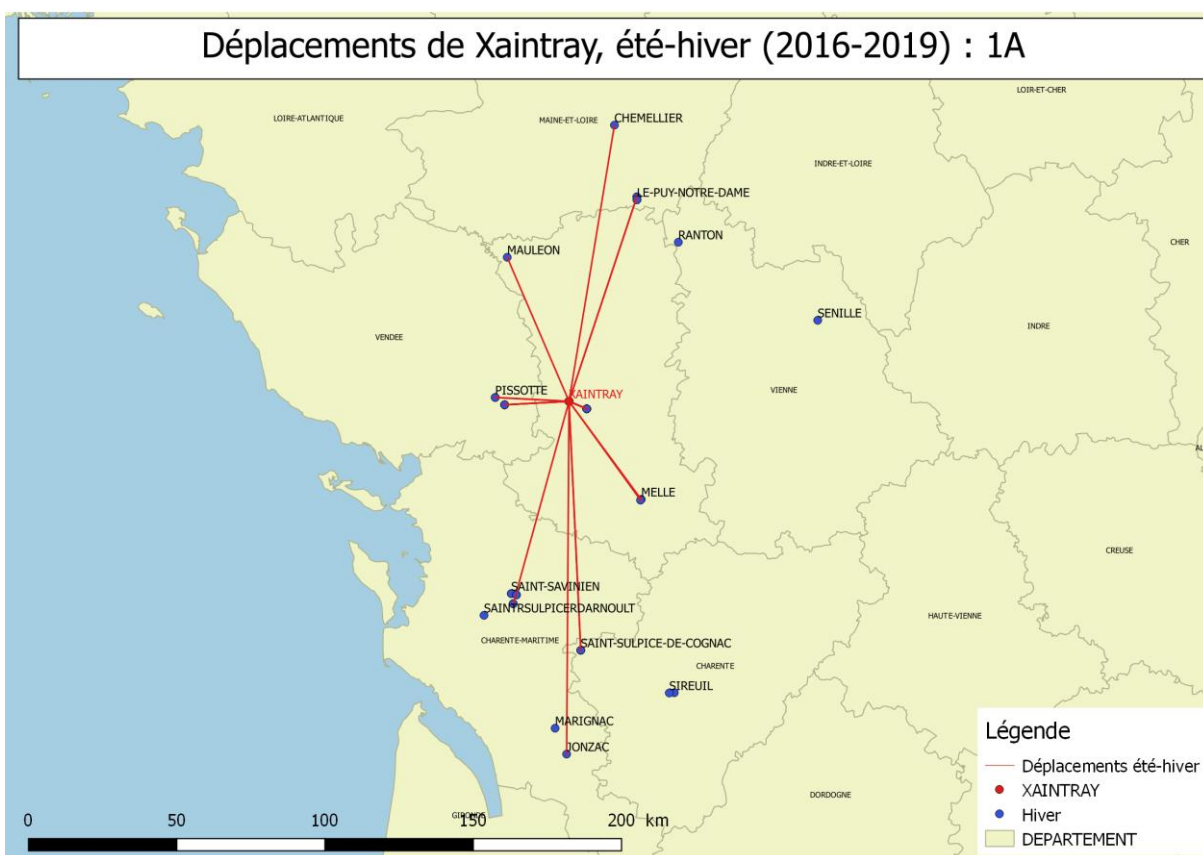


Figure 74 : Déplacements été-hiver des individus juvéniles marqués à Xaintray(79).

4.5.2. Fonctionnement des sites de transit et d'hibernation

Les données recueillies au sein des premiers sites de transit et d'hibernation suivis semblent indiquer un fonctionnement différent de ces sites, qui semblent donc jouer un rôle différent pour la dynamique de la population.

Nous pouvons ainsi comparer les 4 premiers sites suivis grâce aux systèmes automatiques, Melle (79), Saint-Michel-le-Cloucq (85), Le Puy-Notre-Dame (49) et Saint-Savinien (17). Précisons que Melle et Saint-Michel-le-Cloucq sont suivis depuis 2016 alors que les 2 autres seulement depuis 2018.

Les cartes présentées ci-après (Figure 75 et Figure 76), nous montrent que ces 4 sites sont en lien mais avec des provenances d'individus parfois très différentes.

Ainsi, Melle semble « drainer » des individus majoritairement en provenance de quelques colonies des Deux-Sèvres mais aussi des individus marqués sur d'autres sites de transit et d'hibernation de Charente et de Charente-Maritime. Saint-Michel-le-Cloucq semble, quant à lui, « drainer » des individus de nombreuses colonies des Deux-Sèvres mais aussi en provenance de plusieurs sites de transit et d'hibernation de la Charente au Maine-et-Loire.

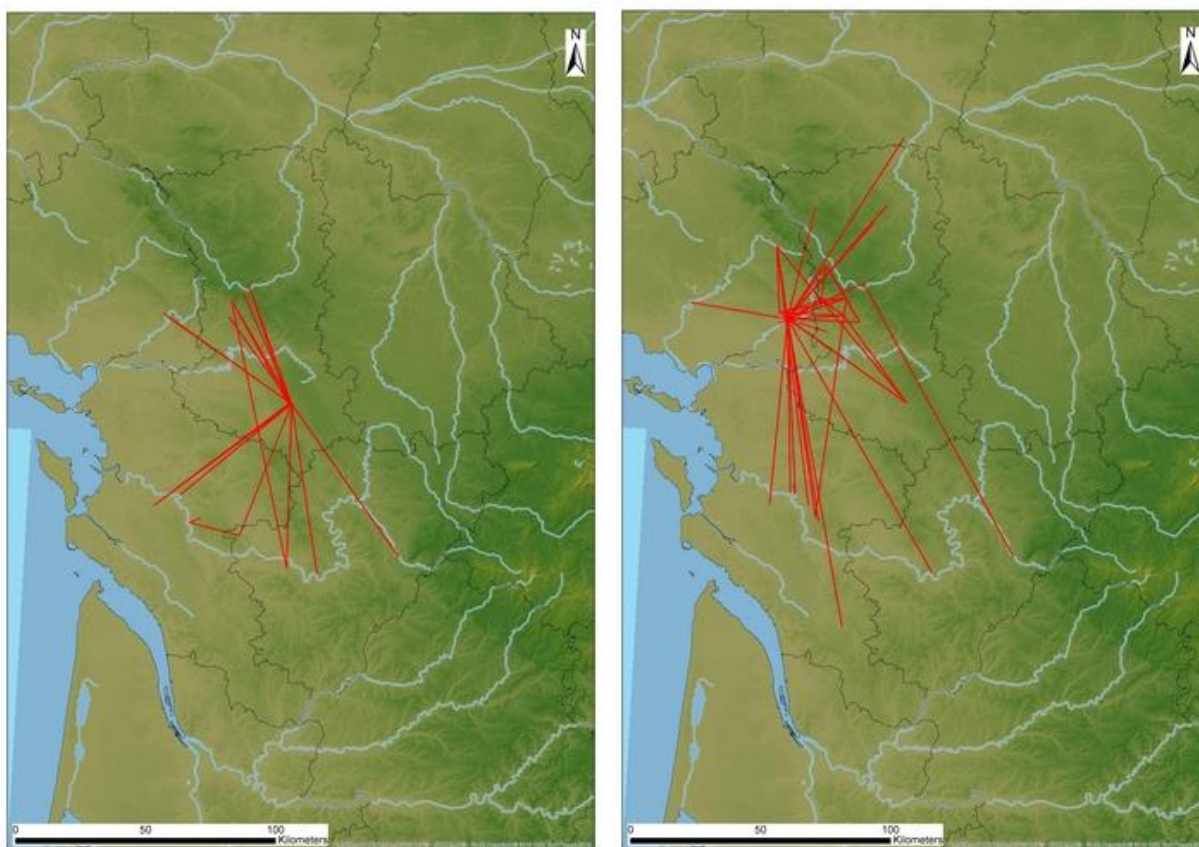


Figure 75 : Echanges entre sites des individus contrôlés à Melle (79) à gauche et à Saint-Michel-le-Cloucq (85) à droite.

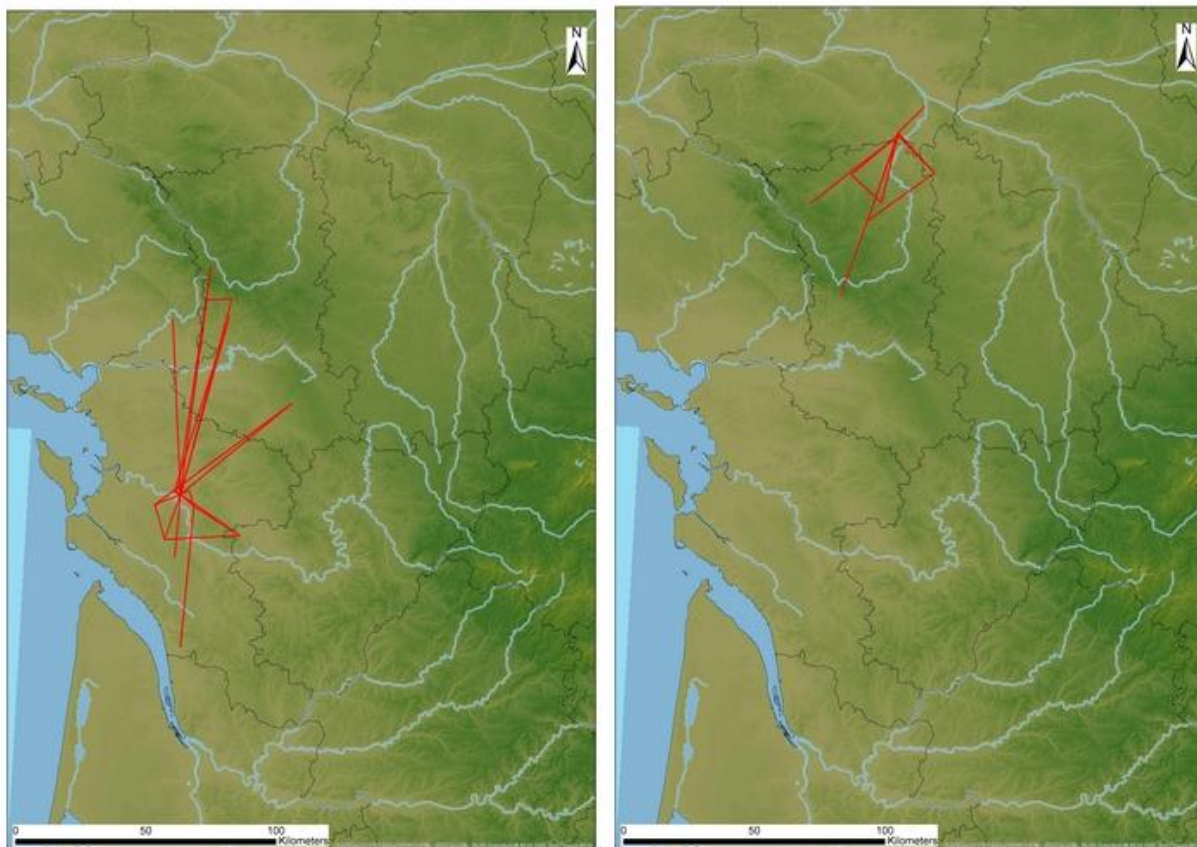


Figure 76 : Echanges entre sites des individus contrôlés à Saint-Savinien(17) à gauche et au Puy-Notre-Dame (49) à droite.

Le site de Saint-Savinien, pour lequel une seule colonie de mise bas est connue à environ 10 km, semble « drainer » des individus sur de plus grandes distances, mais principalement en provenance des Deux-Sèvres, de Vendée et de Charente-Maritime. Quant au Puy-Notre-Dame, les individus contrôlés sur ce site proviennent plutôt des colonies de parturition situées les plus au nord des Deux-Sèvres et, on peut le supposer, des autres colonies (non échantillonnées) de la vallée de la Loire.

Si l'on s'intéresse désormais aux âges des individus contrôlés sur ces 4 sites (Figure 77), on constate des résultats relativement similaires pour Melle, Saint-Michel-le-Cloucq et le Puy-Notre-Dame avec une majorité de juvéniles (1A) contrôlés. Il est à ce jour trop tôt pour savoir s'il s'agit d'une proportion réelle ou d'un biais lié à notre échantillonnage où les 1A sont majoritaires.

Précisons qu'ont été pris en compte l'ensemble des individus contrôlés d'août à avril sur ces différents sites.

Les proportions observées à Melle et Saint-Michel-le-Cloucq sont assez proches selon les années prises en compte (2016-2017 et 2017-2018).

Cette proportion est légèrement différente au Puy-Notre-Dame bien qu'il n'y ait pour l'instant qu'une seule année prise en compte. Elle est cependant très différente à Saint-Savinien avec une proportion d'adultes (+2A) beaucoup plus importante que sur les autres sites suivis.

Ces constats traduisent très probablement un rôle différent de ces sites d'hibernation pour les échanges, la reproduction et les stratégies d'hibernation...

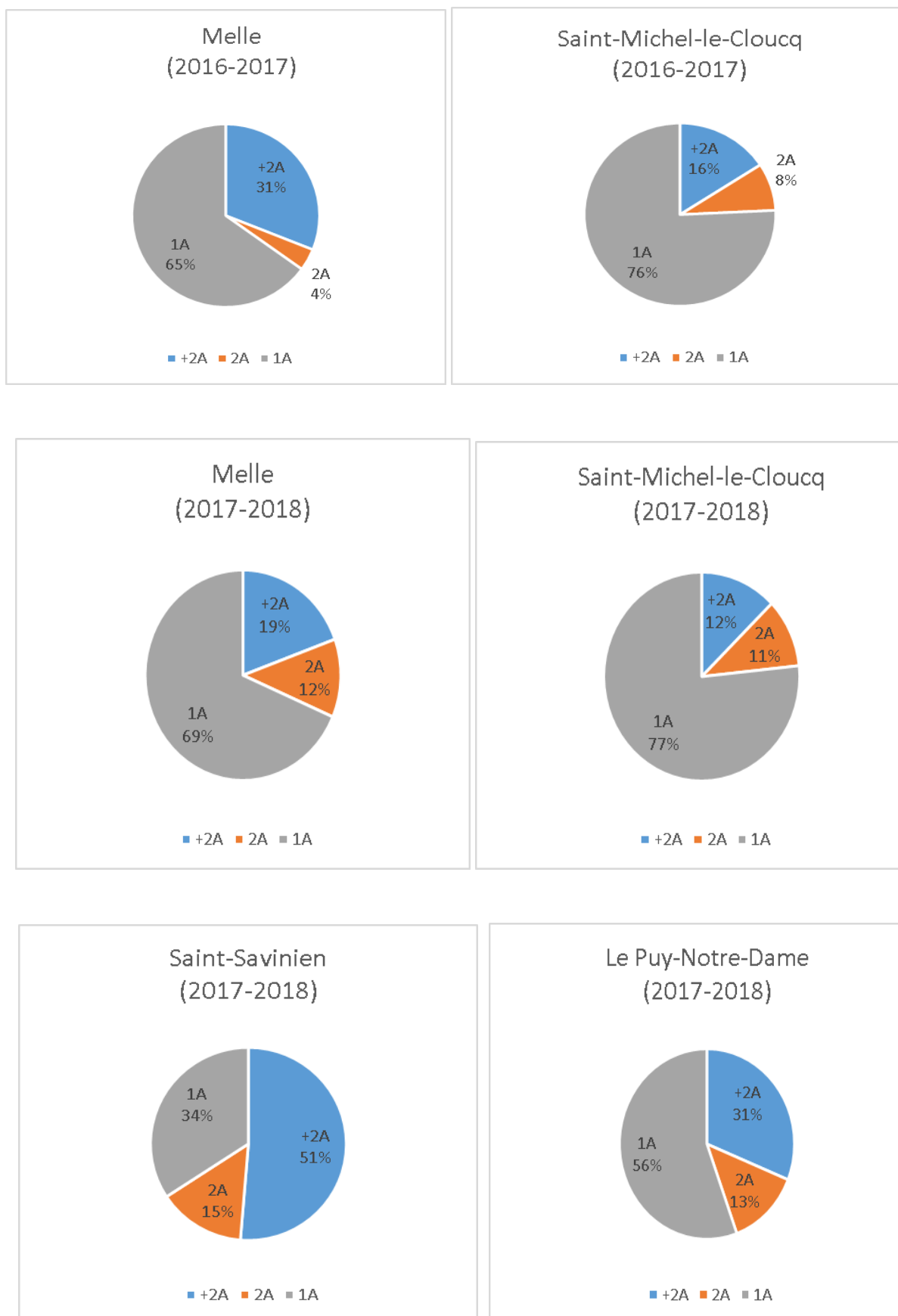


Figure 77 : Age-ratio des individus contrôlés au sein de 4 sites de transit et d'hibernation d'août à avril (Melle, Saint-Michel-le-Cloucq, Saint-Savinien et le Puy-Notre-Dame).

Les graphiques de phénologie présentés ci-après (Figure 78 à Figure 81), correspondent à l'ensemble des contrôles effectués sur ces différents sites de transit/hibernation depuis le début de leur suivi (2016 ou 2018).

Précisons que l'évolution des âges des individus suit la même chronologie que celle utilisée pour âger les oiseaux notamment, qui se base sur l'année civile (Cf. Annexe I). Ainsi un juvénile (1A) marqué en été deviendra subadulte (2A) dès le 1^{er} janvier de l'année n+1. Celui-ci restera 2A jusqu'au 31 décembre de l'année n+1 puis deviendra adulte (+2A) au 1^{er} janvier de l'année n+2.

Il convient de rester prudent sur la lecture de ces graphiques au regard des dates de capture où un certain nombre de nouveaux individus (notamment des juvéniles à l'automne) ont été marqués et donc contrôlés rapidement ensuite. Ainsi, les pics importants constatés sont souvent consécutifs aux captures réalisées. Ils sont cependant représentatifs de l'âge ratio des individus présents le jour de la capture.

Pour Melle (Figure 78), on observe que la majorité des contrôles est générée par les juvéniles (1A) et les subadultes (2A). La proportion d'adultes contrôlés devient plus importante lors de l'hiver 2018-2019 et du printemps 2019. Il est encore à ce jour trop tôt pour expliquer ces variations inter annuelles quant à la fréquentation de ce site selon les classes d'âge.

A Saint-Michel-le-Cloucq (Figure 79), le constat est un peu différent car la proportion entre adultes (+2A) et subadultes (2A) contrôlés semble un peu plus équilibrée. Toutefois, l'automne 2017 a été marqué par une très forte fréquentation de juvéniles (1A). Le jour de la capture effectuée cette année là, le 16/09/2017, 111 individus ont été alors marqués, en grande majorité des juvéniles (1A). En comparaison, l'automne 2018 semble avoir accueilli beaucoup moins de juvéniles (1A), même si le nombre d'individus capturés, marqués et contrôlés cette année là fut bien moindre.

A Saint-Savinien (Figure 80) et au Puy-Notre-Dame (Figure 81), le nombre d'individus capturés et marqués sur ces sites, moins nombreux qu'à Melle ou Saint-Michel-le-Cloucq, prennent probablement une part moins prépondérante dans la phénologie constatée. On remarque que ces sites semblent accueillir moins de juvéniles (surtout Saint-Savinien). La majorité des individus contrôlés étant des adultes (+2A) et des subadultes (2A).

Ces analyses méritent d'être approfondies. Le suivi permanent de ces sites, à la fois des individus marqués grâce aux systèmes automatiques et de l'ensemble des individus grâce aux enregistreurs acoustiques (Rhino-loggers) permettra, à terme, d'apporter des réponses sur le fonctionnement et le rôle de ceux-ci pour la population de Grand rhinolophe.

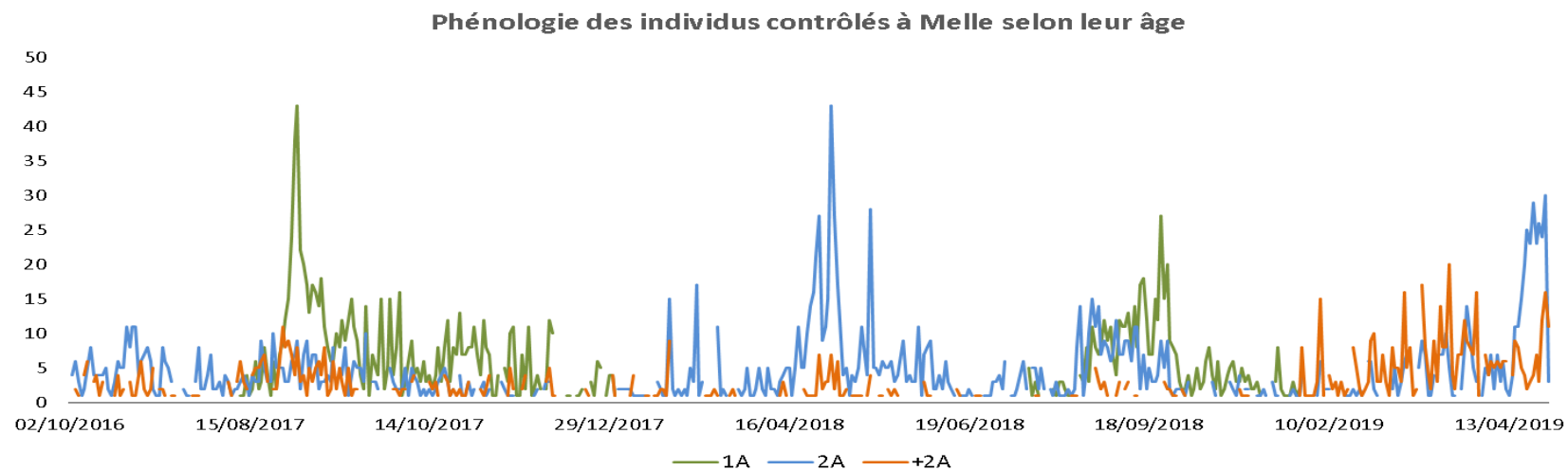


Figure 78 : Phénologie des individus contrôlés à Melle (79).

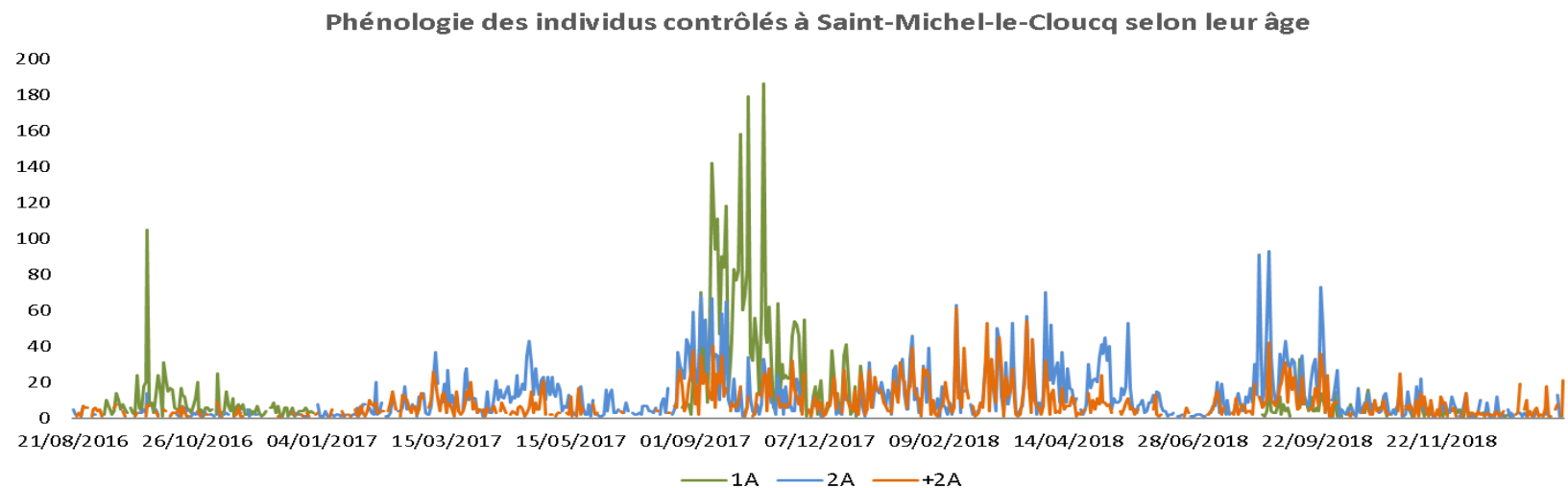


Figure 79 : Phénologie des individus contrôlés à Saint-Michel-le-Cloucq (85).

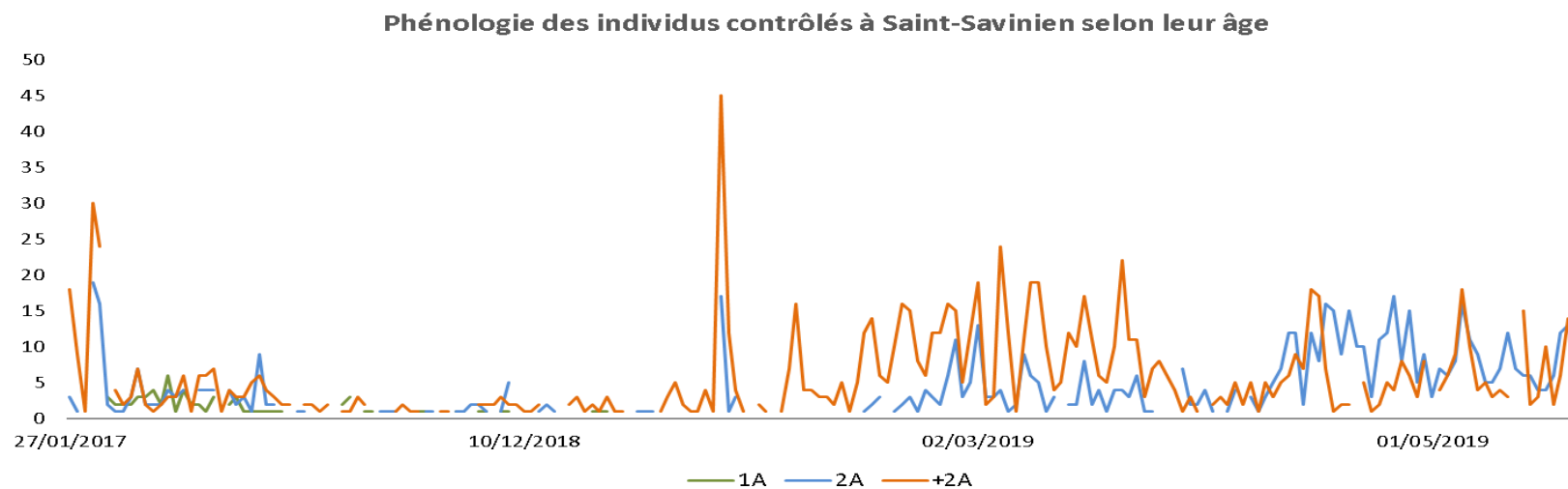


Figure 80 : Phénologie des individus contrôlés à Saint-Savinien (17)

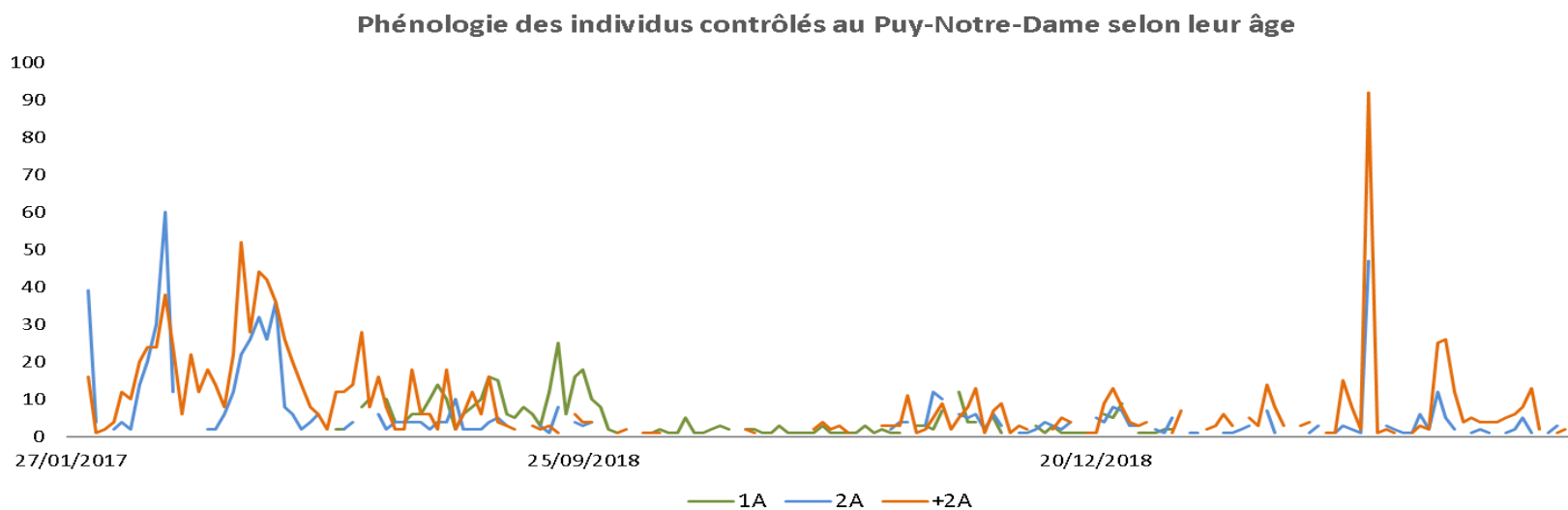


Figure 81 : Phénologie des individus contrôlés au Puy-Notre-Dame (49)

4.6. Modélisation cartographique et corridors

Pour comprendre l'utilisation du paysage par les Grands rhinolophes et tenter d'apporter des réponses aux importants échanges mis en évidence par les données de CMR détaillées plus haut, une collaboration a été développée avec le CEBC/CNRS-ULR qui travaille sur ces questions depuis de nombreuses années. Les résultats présentés ici sont issus du travail de David Pinaud, ingénieur de recherche au CEBC mais aussi du travail de Maggie Bonmort lors de son stage de Master 2 (Université de Poitiers).

L'objectif est ici d'étudier la connectivité paysagère pour le Grand rhinolophe, les facteurs qui déterminent ses capacités de déplacement dans le paysage et ses besoins biologiques.

Pour rappel, l'espèce recherche les paysages semi-ouverts, à forte diversité d'habitats, formés de boisements de feuillus, d'herbages pâturés en lisière de bois ou bordés de haies (milieux bocagers), mais également les ripisylves, landes, friches, vergers pâturés et jardins (Flanders & Jones, 2009). Il pratique aussi bien la chasse active à la recherche de Lépidoptères hétérocères, de Diptères, que la chasse à l'affût, suspendu à une branche à la recherche de Coléoptères coprophages (*e.g.*, *Geotrupes sp.*, *Aphodius sp.*, Coléoptères carabiques) (Bensettiti & Gaudillat, 2002).

Les rhinolophes sont par ailleurs les seules espèces de chiroptères européens à pratiquer, pour se déplacer et chasser, des émissions sonars en fréquence constante, très longues (>40 ms) et hautes en fréquence (80 KHz environ pour le Grand rhinolophe), le maximum d'énergie du signal étant alors concentré sur le troisième harmonique (le fondamental et les deux premiers harmoniques étant filtrés par la « feuille nasale » lors de l'émission du son). Cette particularité traduit l'utilisation de « l'effet Doppler » (variation de fréquences entre signal émis et écho réfléchi) grâce auquel les rhinolophes apprécient la direction et la vitesse de vol données par le différentiel de fréquences du signal sur le corps de la proie. L'identification de la proie est ensuite donnée par le différentiel de fréquences du signal sur les ailes (appréciation précise de la récurrence des battements d'ailes). Ce type d'émission leur permet notamment de capturer de nombreuses espèces de Lépidoptères hétérocères tympanés (Ecaïlles par exemple), les fréquences utilisées étant situées au-dessus de la gamme d'audition de ces papillons (Barataud, 2012). Du fait de son vol relativement lent et papillonnant et de la faible puissance de leurs émissions ultrasonores, l'espèce est dépendante des éléments paysagers linéaires tels que les haies ou lisières lors de ses déplacements (Grémillet, 1999).

Les travaux menés dans le cadre de notre étude se sont donc attachés à définir un modèle de connectivité où les facteurs de résistance du paysage sont déterminés à partir des données comportementales du déplacement et validés à l'aide de deux jeux de données indépendants (radiopistage et acoustique).

Deux sessions de radiopistage se sont déroulées dans le cadre d'une étude sur la colonie d'Annepont (17) coordonnée par Nature-Environnement 17 et le CEBC/CNRS-ULR, du 08 au 23/07/2016 (9 individus suivis) et du 04 au 13/07/2017 (11 individus). Les suivis se sont réalisés la nuit en continu (21h30 – 6h30) durant ces périodes, avec de 3 à 6 équipes autonomes (avec voiture, récepteur et antenne) mobilisant jusqu'à 20 personnes par an. Tous les individus suivis étaient des femelles allaitantes.

Le tableau ci-dessous (Tableau 23), synthétise les principales données du suivi. Au total, ce sont plus de 300 localisations précises qui ont pu être obtenues. L'utilisation d'un mât pneumatique de 12 m surmonté d'une grande antenne 6 brins a permis de considérablement optimiser le suivi en 2017 en améliorant la coordination entre les équipes et les possibilités de triangulation.

Tableau 23 : Synthèse des données des opérations de radiopistage sur la colonie d'Annepont (17)

ANNEE	PERIODE	NB NUITS	NB INDIVIDUS	NB LOCALISATIONS	NB GITES SECONDAIRES	SURFACE FREQUENTEE
2016	08 au 23/07	12	9	73	6	52.5 km ²
2017	04 au 13/07	10	11	232	1	37.9 km ²

Les zones fréquentées par les femelles suivies sont majoritairement situées au nord-est de la colonie, dans un rayon maximal de 8 km (Figure 82). La surface totale utilisée par la colonie est de l'ordre de 70 km² sur les deux années (52,5 km² en 2016 et 37,9 km² en 2017). Certains individus ont cependant rejoint des zones beaucoup plus éloignées, vers la vallée de la Boutonne au nord-est : à 13,4 km (2016) et 18,6 km en 2017.

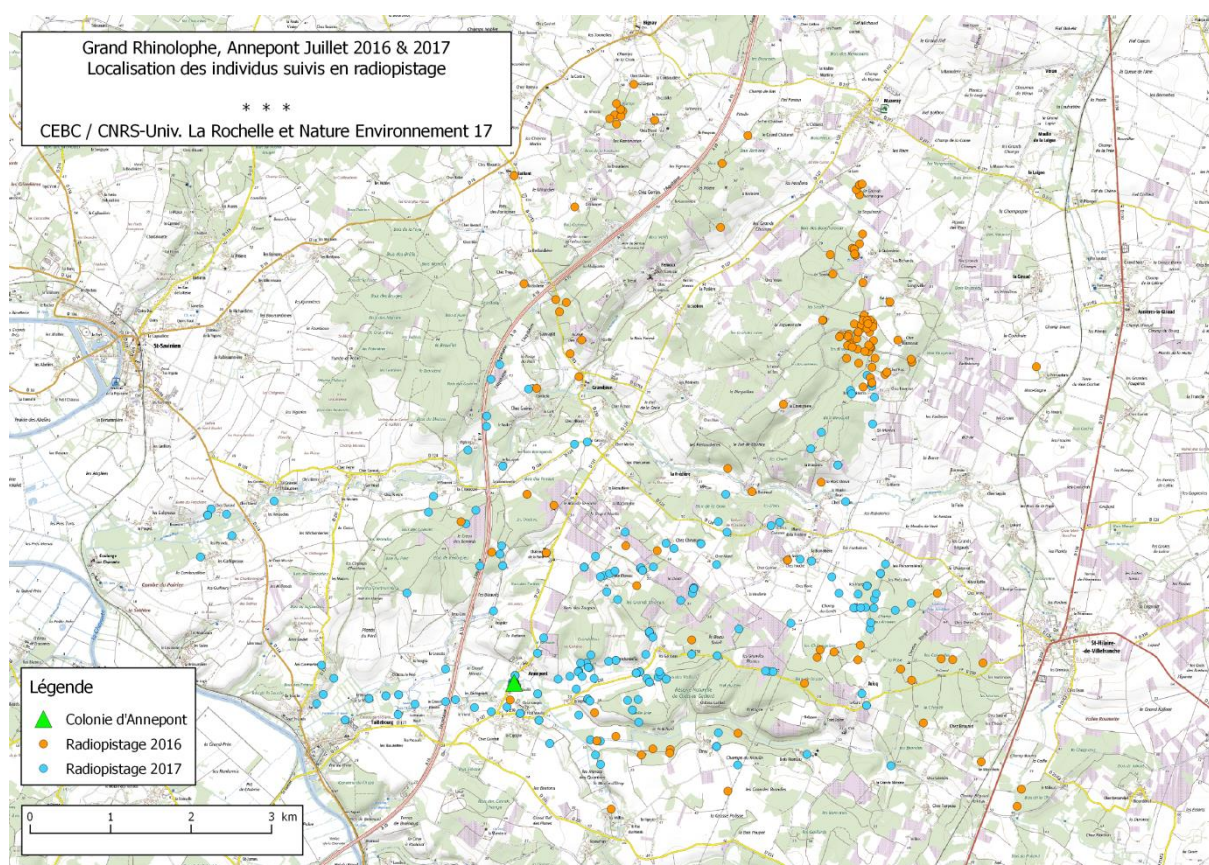


Figure 82 : carte des localisations de radiopistage de Grand Rhinolophe en 2016 et 2017 (D. Pinaud)

Les domaines vitaux tracés par la méthode de kernel (Figure 83) révèlent que les habitats fréquentés majoritairement sont les lisières des grands bois, et parfois de plus petits massifs, y compris en zones d'agriculture intensive. Les vallées proches de la colonie sont aussi exploitées, surtout lors de mauvaises conditions météorologiques ou en fin de nuit.

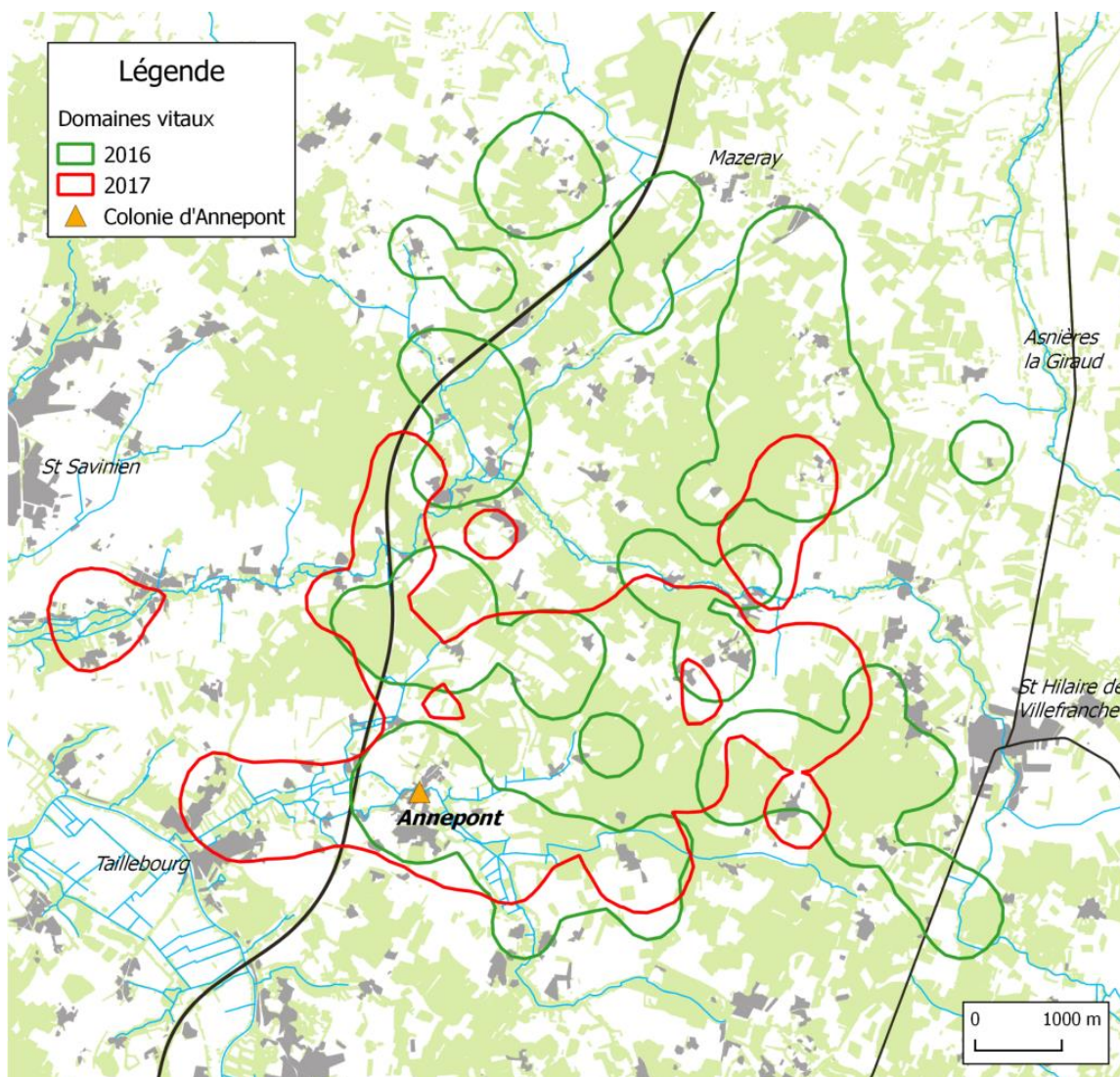


Figure 83 : Domaines vitaux par année estimés par la méthode de Kernel (D. Pinaud)

Une étude à l'aide d'enregistreurs autonomes à ultrasons a permis de quantifier l'utilisation des haies par les rhinolophes lors de la phase de transit lorsqu'ils vont rejoindre leurs zones de chasse en début de nuit. Les discontinuités (trouées) présentes dans ces haies influencent défavorablement leur utilisation (fonction de corridor).

Cette étude a permis de démontrer que la probabilité de franchir une discontinuité dans une haie pour les Grands rhinolophes est plus importante quand la trouée est inférieure à 38 m, et diminue fortement quand cette distance dépasse 50 m.

Ensuite, les coûts de déplacement dans le paysage autour de la colonie ont été modélisés à l'aide de ces paramètres mesurés sur le terrain, afin d'identifier les corridors les plus importants. Cette approche quantitative permet une application de conservation concrète sur le terrain, et peut aider à restaurer ou conserver les continuités écologiques (Figure 84).

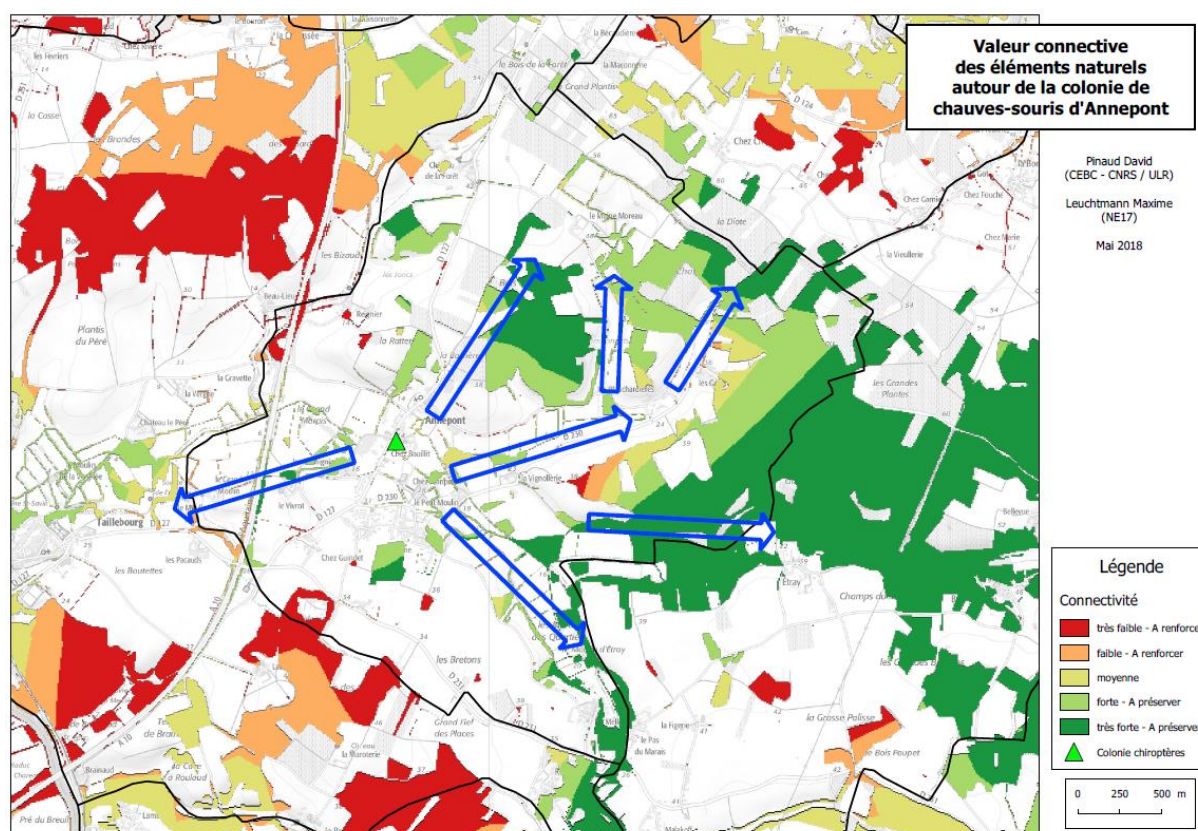


Figure 84 : Valeur connective des haies et bois autour de la colonie d'Annepont selon la modélisation des coûts de déplacement mesurés sur le terrain (D. Pinaud)

La couleur verte indique des éléments très connectés à la colonie (donc à préserver), la couleur rouge indique des éléments peu ou pas connectés, donc à restaurer, en plantant par exemple des haies. Les flèches bleues indiquent les principaux axes de déplacement relevés lors du suivi par radiopistage.

Les deux années d'étude par radiopistage sur la colonie d'Annepont ont permis d'une part, de mieux connaître les zones de chasse fréquentées par le Grand Rhinolophe, et d'autre part, d'étudier finement les modalités de déplacements en fonction de la connectivité paysagère.

Ce travail s'est concrétisé par la publication d'un article scientifique dans une revue internationale :

Pinaud, D., Claireau, F., Leuchtmann, M., & Kerbiriou, C. (2018). Modelling landscape connectivity for greater horseshoe bat using an empirical quantification of resistance. *Journal of Applied Ecology*, vol. 55, no 6, p. 2600-2611.

Dans une deuxième phase en 2018, ce modèle de résistance paysagère (Figure 85) a été testé sur 3 autres colonies de parturition dans des contextes paysagers différents (bocages denses à dégradés), en collaboration avec la LPO (Coordination Pays-de-la-Loire) lors du stage de Master 2 de Maggie Bonmort (Université de Poitiers).

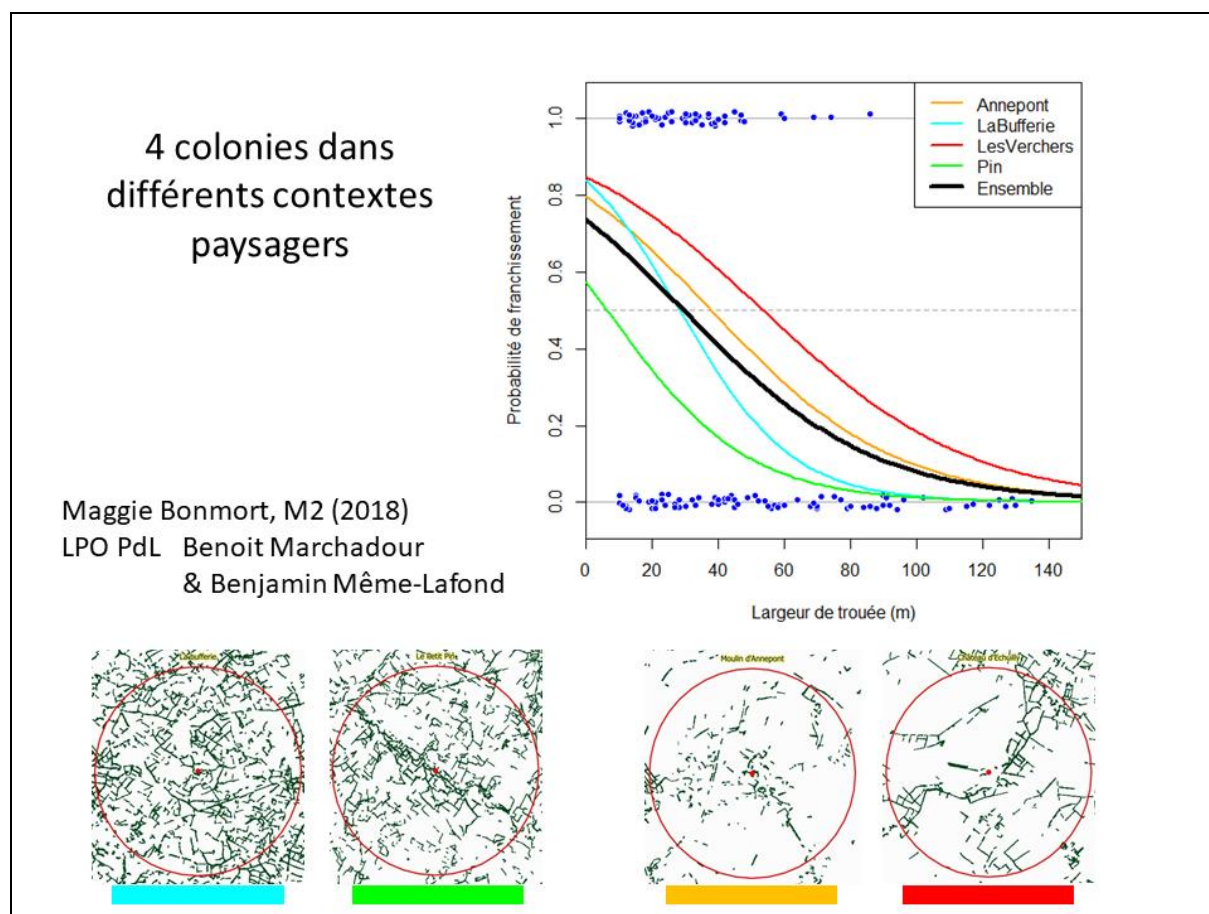


Figure 85 : Modèles de résistance pour 4 colonies de parturition dans des contextes paysagers contrastés.

On peut ainsi constater que les Grands rhinolophes sont relativement « plastiques » dans leur faculté à franchir des discontinuités (trouées) dans les corridors, avec une faculté, a priori plus importante, dans des paysages à connectivité dégradée. Il faudrait toutefois évaluer finement le « coût » que représente l'effort supplémentaire engagé dans ces contextes de connectivité sous-optimale.

Ceci a permis de valider la robustesse de la définition de la résistance paysagère dans des contextes de connectivité différents.

Enfin, dans une troisième phase, ce modèle a été appliqué à la région entière pour calculer les connectivités théoriques entre les principaux sites suivis (mise-bas, hibernation), à l'aide du logiciel « Circuitscape ». Ceci a permis notamment de tracer les principaux corridors théoriques entre les différents sites comme le montre la Figure 86 ci-après.

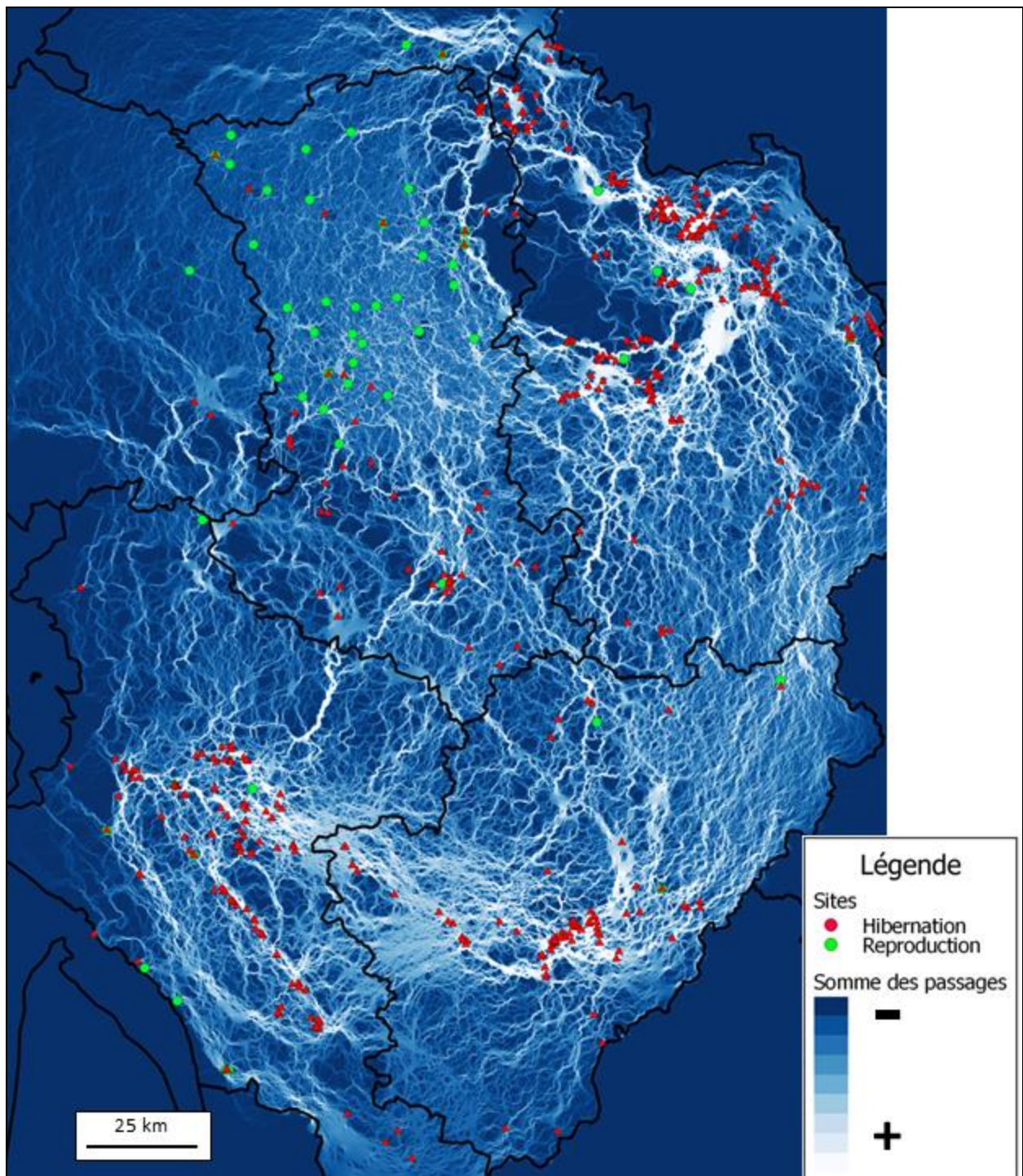


Figure 86 : Modélisation préliminaire des connectivités paysagères pour le Grand rhinolophe (D. Pinaud)

Lors d'une prochaine étape, ces résultats seront croisés avec les données de CMR pour mieux comprendre les mouvements identifiés à l'échelle de la région. Une analyse préliminaire montre que les échanges entre sites de mise-bas et d'hibernation sont influencés par la distance intersites mais aussi par leur connectivité. Une thèse de doctorat a été proposée sur ce sujet entre le CEBC et l'Université de Lyon (Ecole doctorale de Lyon).

4.7. Génétique de la population

Les analyses de génétique de la population sont réalisées par le CBGP/INRA de Montpellier en lien étroit avec le LabEx ECOFECT et Poitou-Charentes Nature. Oriane Tournayre réalise actuellement une thèse sur ce sujet ainsi que sur le régime alimentaire du Grand rhinolophe. Les éléments ci-après sont extraits de ses travaux.

L'approche de génétique des populations permet (i) d'évaluer la « santé génétique » des colonies (potentiel adaptatif, absence de consanguinité) par l'étude de la diversité génétique des colonies, (ii) d'estimer l'effet des paysages sur les niveaux de connexion entre les colonies par des analyses de différenciation génétique, (iii) et d'étudier les changements de taille de population passés *via* la détection de signaux démographiques dans les données génétiques.

Pour cela, 864 prélèvements de patagium ont été utilisés. Ils ont été collectés dans 24 colonies de parturition en France (Figure 87), par les partenaires naturalistes et du LBBE (partenaires associatifs et LBBE, été 2016 à 2018), 28 prélèvements d'une colonie du Pays Basque espagnol (Ignazio Garin, 2012), 36 de deux colonies anglaises (Fiona Mathews, été 2018) et 22 d'une colonie de Tunisie (Sébastien Puechmaille, été 2012) (Figure 1).

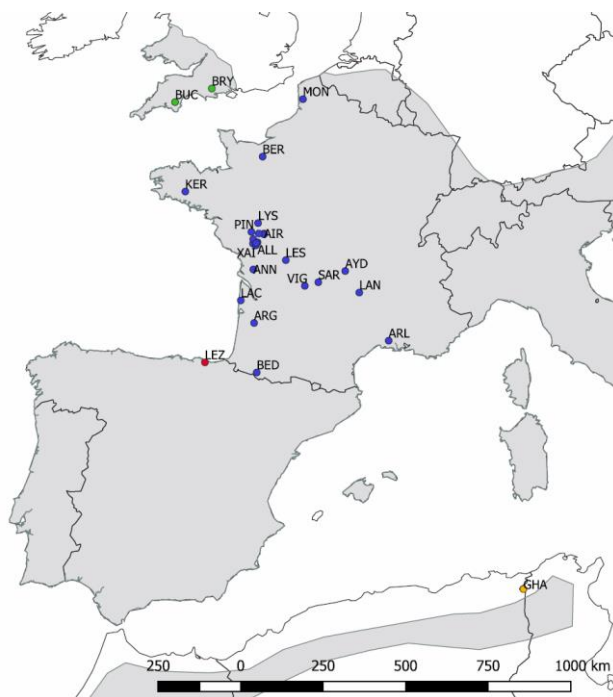


Figure 87 : Carte des colonies échantillonnées pour l'étude. L'aire de répartition du grand rhinolophe selon les données de l'UICN (2016) est représentée en gris.

Au total 950 individus ont été génotypés à l'aide de 17 marqueurs microsatellites. Les microsatellites sont de courtes séquences d'ADN couramment utilisées en génétique des populations. Ce sont des régions de l'ADN qui ont pour particularité de varier en longueur, par variation du nombre de répétitions du motif qui le compose. Ces différences de tailles s'appellent des allèles. Pour un même microsatellite, un individu peut avoir jusqu'à deux allèles différents puisqu'il en hérite un de chaque parent. Lorsque les deux allèles sont identiques on parle d'homozygote et lorsqu'ils diffèrent on parle d'hétérozygote. A l'échelle la plus fine, les microsatellites permettent de caractériser les individus et leur apparentement.

4.7.1. Diversité génétique et apparentements

Nos résultats montrent une absence de consanguinité au sein des colonies (Figure 88). Ils montrent également une diversité génétique élevée et homogène au Pays Basque espagnol et en France, à l'exception de la colonie de Montreuil-sur-Mer ('MON') dans le Pas-de-Calais, et une diversité génétique des colonies anglaises et tunisiennes plus faible que sur le continent.

La diversité génétique à Montreuil-sur-Mer ('MON') est intermédiaire entre la diversité génétique élevée des autres colonies continentales et la diversité génétique faible trouvée en Angleterre et Tunisie.

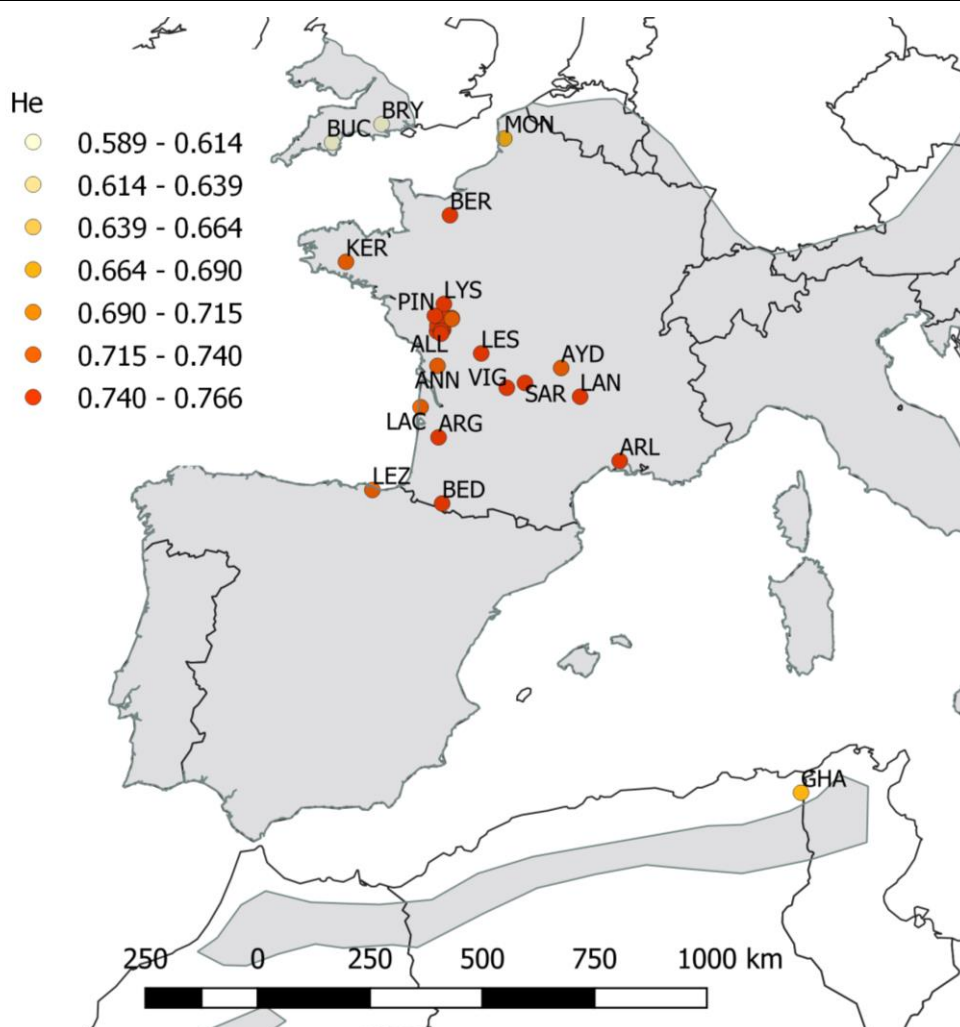


Figure 88 : Hétérozygotie ('He', indice de diversité génétique) estimée pour chaque colonie. Le gradient de couleur du blanc au rouge représente un gradient de diversité génétique faible à élevé.

L'analyse de la distribution du coefficient d'apparentement r (Figure 89), montre que chaque colonie est composée en très grande majorité d'individus non-apparentés ($r = 0$, Figure 3) et d'une proportion décroissante d'individus apparentés. Seule la colonie de Montreuil-sur-Mer ('MON') montre une proportion uniforme d'individus apparentés et non-apparentés (Figure 3), dénotant d'un apparentement moyen plus fort que sur les autres sites étudiés.

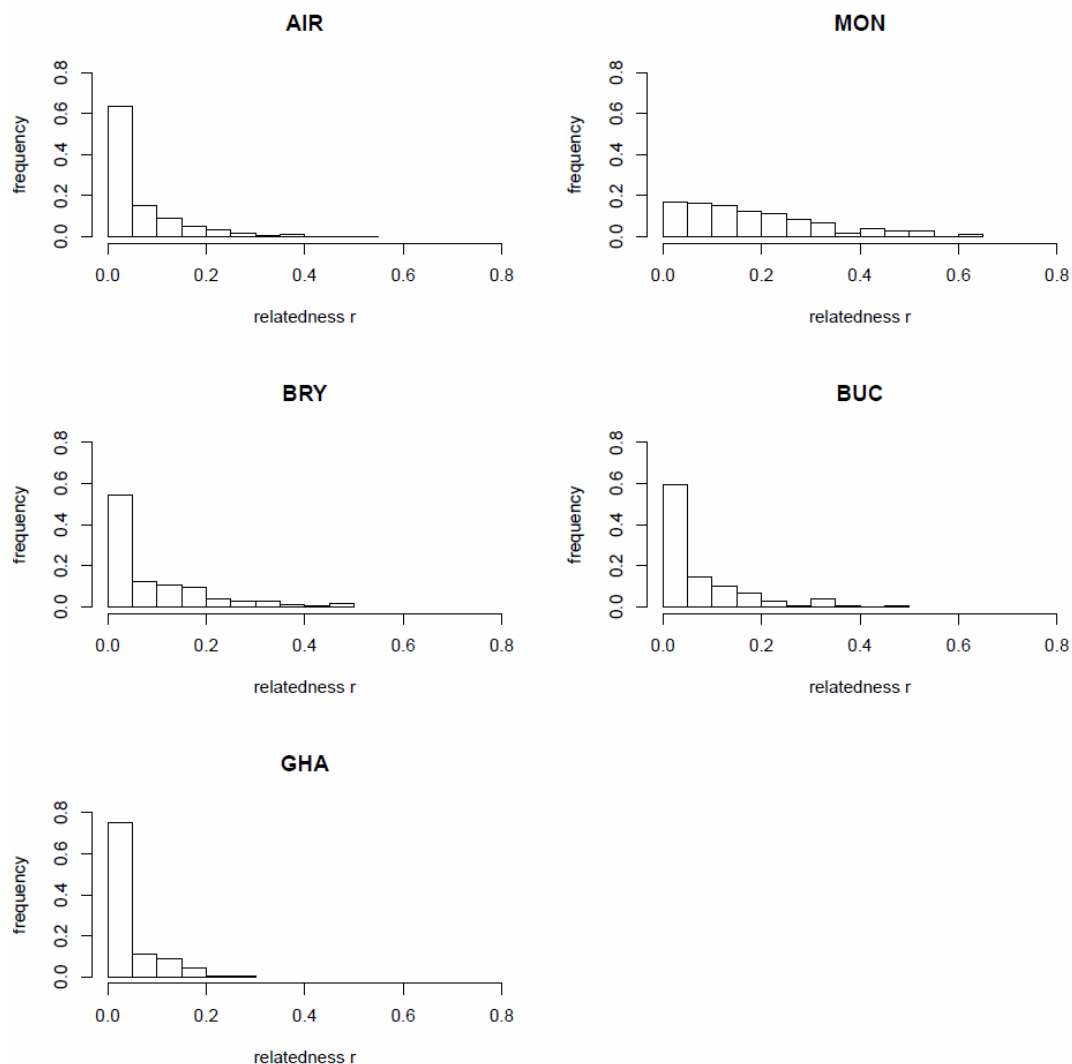


Figure 89 : Distribution du coefficient d'apparentement r au sein de colonies françaises ('AIR', 'MON'), anglaises ('BRY', 'BUC') et tunisienne ('GHA').

Le coefficient d'apparentement r entre individus de colonies différentes nous indique de forts apparentements ($r > 0.5$) entre colonies éloignées de 2 à 861 km (Figure 90). Ces forts apparentements impliquent 537 femelles, 33 mâles et 1 individu dont le sexe n'a pas été déterminé. La majorité des femelles impliquées sont adultes (474 adultes, 59 juvéniles et 4 indéterminées), ce qui n'est pas le cas pour les mâles (12 adultes, 19 juvéniles, deux indéterminés).

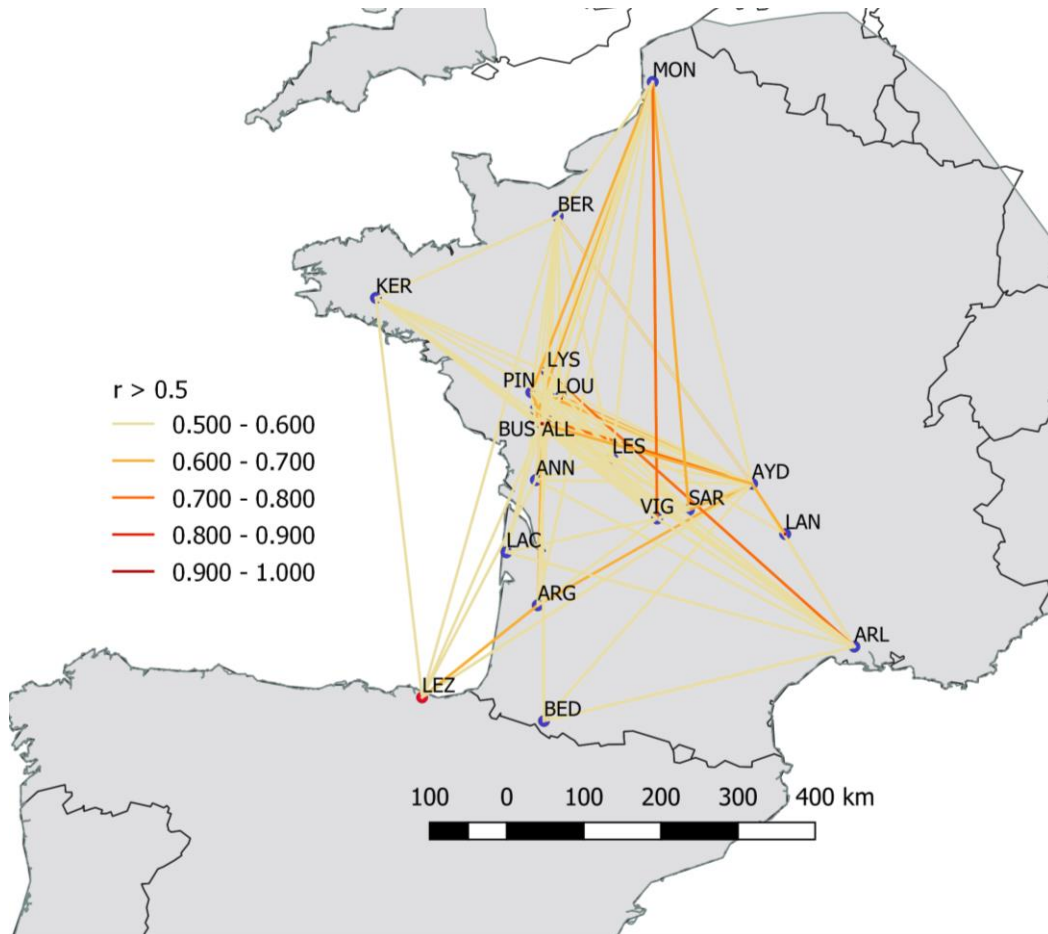


Figure 90 : Distribution géographique des fortes valeurs du coefficient d'apparentement r ($r > 0.5$) entre individus de colonies françaises et de la colonie basque espagnole. Le dégradé de couleur du jaune au rouge indique des valeurs estimées de r croissantes.

4.7.2. Différenciation génétique entre colonies

Nous avons regardé s'il était possible de distinguer plusieurs groupes génétiques au sein des individus échantillonnés. Si oui, cela signifie une absence d'échange entre colonies de groupes génétiques différents. Sinon, cela veut dire qu'il existe des échanges de gènes entre toutes les colonies et donc que la dispersion des individus n'est pas limitée. Dans la Figure 91 ci-dessous, chaque barre verticale correspond à un individu et chaque couleur correspond à un groupe génétique. Les individus sont triés par colonies et une barre blanche en pointillés sépare les différentes colonies.

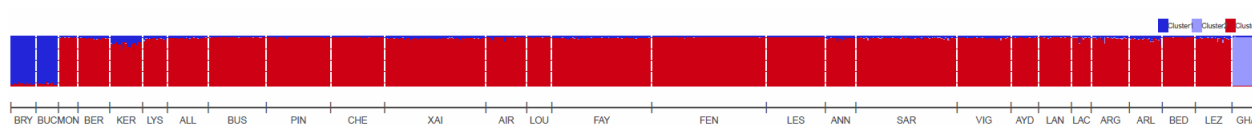


Figure 91 : Représentation de la probabilité d'appartenance d'un individu à un groupe génétique.

Nos résultats montrent (Figure 91), l'existence de trois groupes génétiques : (i) les colonies de France et du Pays Basque espagnol, (ii) les colonies anglaises et (iii) la colonie tunisienne (Figure 5). La différenciation génétique entre les colonies anglaises, tunisiennes et les colonies continentales est très élevée ($F_{ST} \text{ Angleterre-continent} \approx 10\%$, $F_{ST} \text{ Tunisie-continent} \approx 12\%$).

La différenciation génétique est faible sur le continent (indice de différenciation F_{ST} inférieur à 3%). Seule la colonie de Montreuil-sur-Mer ('MON') montre une différenciation génétique forte avec les autres colonies ($3.49\% < F_{ST} < 6.46\%$). Cette différenciation de 'MON' est aussi élevée que la différenciation génétique observée entre les colonies d'Angleterre et les colonies continentales ($F_{ST}=5.4\%$).

Nous avons conduit une analyse plus fine des taux de migration (génétique) qui a montré l'absence de dispersion efficace entre les trois « clusters » génétiques (Continent, Angleterre, Tunisie). Par contre des flux de migration unidirectionnels au sein du continent existent. Les individus semblent migrer de la France vers le Pays Basque espagnol ('LEZ') et des colonies françaises vers celles du Pas-de-Calais.

4.7.3. Analyses démographiques

Nous avons cherché sans *a priori* des signatures de déclin ou d'expansion démographique dans les colonies à partir des données génétiques (logiciel Migrate, Leblois et al., 2014). Nos résultats montrent qu'aucun changement démographique significatif n'est détecté, ce qui indique une stabilité des effectifs pour chaque colonie et pour l'ensemble de la zone d'étude. Une seule exception : nous avons détecté une signature d'expansion significative dans la colonie Tunisienne ('GHA'), sans toutefois pouvoir le dater car l'intervalle de confiance varie de 1 à 11 000 générations, c'est à dire de quelques années au dernier maximum glaciaire environ...

Grâce au même logiciel, nous avons pu montrer que les tailles génétiques 'efficaces' des colonies d'Angleterre et de Montreuil-sur-Mer ('MON') sont plus petites que sur le continent et qu'en Tunisie.

Notre étude a révélé l'existence d'une grande population de Grand rhinolophe couvrant notre échantillonnage en France et au Pays Basque espagnol. La forte diversité génétique observée montre une « bonne santé génétique » des colonies (pas de dépression de consanguinité).

Nos analyses démographiques ont montré que cette population était stable.

Cependant, la capacité du modèle utilisé ici en génétique pour détecter des événements démographiques très récents, de faibles intensités (avec une quinzaine de microsatellites), pourrait être insuffisante.

Ces résultats sont en accord avec les nouvelles estimations calculées des tendances évolutives basées sur les comptages hivernaux depuis 1995 et présentées plus avant.

Grâce à nos résultats d'analyses de génétique et les données préliminaires de CMR obtenues, nous savons désormais que les grands rhinolophes de Poitou-Charentes se déplacent sur de longues distances hors des anciennes frontières administratives. Les données d'apparement nous montrent que ces déplacements concernent mâles, femelles, jeunes et adultes.

Nos résultats soulignent donc l'importance d'approfondir les connaissances sur la délimitation de la population du Grand rhinolophe, et d'étendre ces analyses à la population pour notamment conforter les tendances évolutives calculées.

Les analyses de différenciation génétique ont mis en évidence un effet barrière de la Méditerranée et de la Manche sur la dispersion du Grand rhinolophe. Nos résultats concernant les Pyrénées sont moins évidents. Nous n'avons pas trouvé d'effet barrière de cette chaîne montagneuse, mais notre échantillonnage (trop faible de part et d'autre), ne nous permet pas de conclure sur la perméabilité des Pyrénées et l'utilisation de corridors sur les côtes Atlantiques et Méditerranéennes.

Nos résultats ont également révélé la nécessité de mieux comprendre le fonctionnement de la reproduction du Grand rhinolophe. En effet, chez la plupart des espèces de chauve-souris, la quasi-absence de discontinuités génétiques entre colonies de maternité très éloignées

repose sur l'existence des sites de « swarming ». Ces sites concentrent, principalement en automne et pour plusieurs espèces, un grand nombre d'individus de colonies différentes qui se réunissent pour se reproduire et probablement aussi pour partager des informations sur les sites d'hivernation.

Ce comportement n'est pas connu chez le Grand rhinolophe. Les seules études sur la reproduction du grand rhinolophe ont montré que les femelles visitent les territoires de mâles solitaires. Cependant ces études ont uniquement été réalisées en Angleterre, où peu de sites sont connus et où la population est bien plus réduite. Des études seraient donc nécessaires pour déterminer si la population continentale du Grand rhinolophe suit le même processus.

Nos résultats tendent à montrer que l'activité marquée des Grands rhinolophes fin août – début septembre sur les sites de transit/hivernation pourrait jouer ce même rôle. Cependant, nous ne constatons pour l'instant que peu de différences dans le sexe et l'âge ratio sur ces sites alors que ces paramètres sont très différents pour les espèces pour lesquelles le « swarming » est décrit (*Myotis sp.*, ou Oreillard roux par exemple).

Enfin nos résultats montrent que la colonie de Montreuil-sur-mer ('MON') dans le Pas-de-Calais, bien qu'intégrée dans la grande population continentale, possède un fonctionnement particulier. Sa diversité génétique plus faible, sa différenciation génétique plus élevée et son niveau d'apparentement intra-colonie plus fort suggèrent que cette colonie est plus petite, plus isolée donc plus vulnérable. Cette situation pourrait être due à un manque d'habitats favorables aux alentours, et/ou à sa situation en limite d'aire de répartition de l'espèce.

Ce constat nous montre ici l'importance d'un travail à grande échelle pour caractériser la population et son fonctionnement. L'absence, à ce jour, d'échantillons génétiques provenant d'un grand quart nord-est de la France, reste un écueil. De tels échantillons seraient indispensables pour avoir une vision claire de la population de Grand rhinolophe en France et sur les marges de son aire de répartition.

4.8. Régime alimentaire

4.8.1. Développements méthodologiques : vers une méthode exhaustive de détection

Jusqu'à récemment, la méthode classique d'analyse du régime alimentaire reposait sur l'identification morphologique des restes de fragments durs des proies (élytres, tarsi, antennes, etc.), retrouvés dans les déjections.

Cette méthode d'analyse très chronophage nécessite de faire appel à des experts en taxonomie si l'on souhaite atteindre une identification taxonomique précise des arthropodes correspondant aux fragments observés. L'identification n'est généralement possible qu'à l'ordre ou à la famille, et n'est pas exhaustive puisque les parties non-dures des individus sont digérées et donc inaccessibles à l'observateur (chenilles et autres larves par exemple).

La description qualitative du régime alimentaire est désormais réalisable à partir des restes d'ADN contenus dans les fèces. C'est ce qu'on appelle le « barcoding », ou encore « metabarcoding » (Figure 92), lorsque plusieurs ADN d'organismes différents sont présents dans un même échantillon analysé. Les organismes présents sont identifiés par une courte région de l'ADN, appelée code-barres ADN, dont la séquence est propre à chaque espèce.

L'originalité de la méthode de « metabarcoding » développée en 2016-2017 (Galan et al., 2018), repose sur l'identification simultanée des chauves-souris et de leurs proies grâce à l'obtention d'une proportion équilibrée de chaque type de séquences ADN à partir de guano. La sensibilité et la résolution de notre méthode avaient été validées sur des mélanges artificiels d'espèces d'insectes connues, puis sur environ 300 échantillons de guano collectés en 2015 à partir d'individus capturés au « harp-trap » et donc appartenant à des chiroptères d'espèces connues car identifiées en main.

Au total, nous avons identifié en une seule analyse 16 espèces de chiroptères et 18 ordres, 117 familles, 282 genres et 290 espèces d'arthropodes. Concernant le Grand rhinolophe nous avons mis en évidence un régime alimentaire principalement composé de Lépidoptères, de Diptères et de Coléoptères dont 16 espèces d'arthropodes qualifiées de ravageurs (e.g. *Agrotis segetum*, *Cossus cossus*). Pour plus de détails, l'ensemble de l'étude est présenté dans un article publié dans la revue Plume de Naturalistes (Tournayre, O. 2018) et dans une revue scientifique Molecular Ecology Resources (Galan et al., 2018).



Figure 92 : Principales étapes de l'approche d'identification par metabarcoding (d'après Tournayre, 2018).

Par la suite, le constat a été fait que les amorces utilisées pour mettre au point la méthode de metabarcoding pouvaient être biaisées et pouvaient conduire à ne pas détecter toutes les proies.

Pour rappel les amorces sont de courtes séquences ADN permettant de cibler le code-barres ADN à identifier. Le travail entrepris en 2018 consistait donc à améliorer ces amorces et à les comparer aux amorces déjà disponibles dans la littérature pour déterminer le meilleur couple à utiliser. Nous caractérisons le meilleur couple d’amorce comme celui capable de révéler à la fois l’espèce de chauve-souris et toutes ses proies. Sur la base de dizaines de milliers de séquences ADN de 21 ordres d’arthropodes issues des bases de données, nous avons donc créé trois couples d’amorces sur le gène COI et un couple sur le gène 16S.

Nos amorces sont très dégénérées et donc plus universelles (Figure 7). Elles sont aussi plus courtes ce qui est plus efficace quand l’ADN est dégradé. En effet, quand l’ADN est dégradé, la séquence (ex : ACTGCCAATGCGGTAGCAATA) est découpée en petits morceaux (ex : ACTGCCAA ou GGTAGGCA) donc si l’amorce est trop longue elle ne pourra pas s’accrocher et sera moins efficace.

La Figure 93 ci-dessous explique le processus : C, T, A et G sont les nucléotides qui constituent l’ADN. R est un cocktail de deux nucléotides (A et G) et va donc permettre à l’amorce dégénérée d’amplifier les deux espèces de proies. Au contraire l’amorce non-dégénérée ne pourra pas amplifier l’espèce de proie n°1 car le nucléotide en troisième position est différent entre la séquence ADN de l’amorce et celle de la proie (A au lieu de G) : on parle alors de ‘mismatch’.

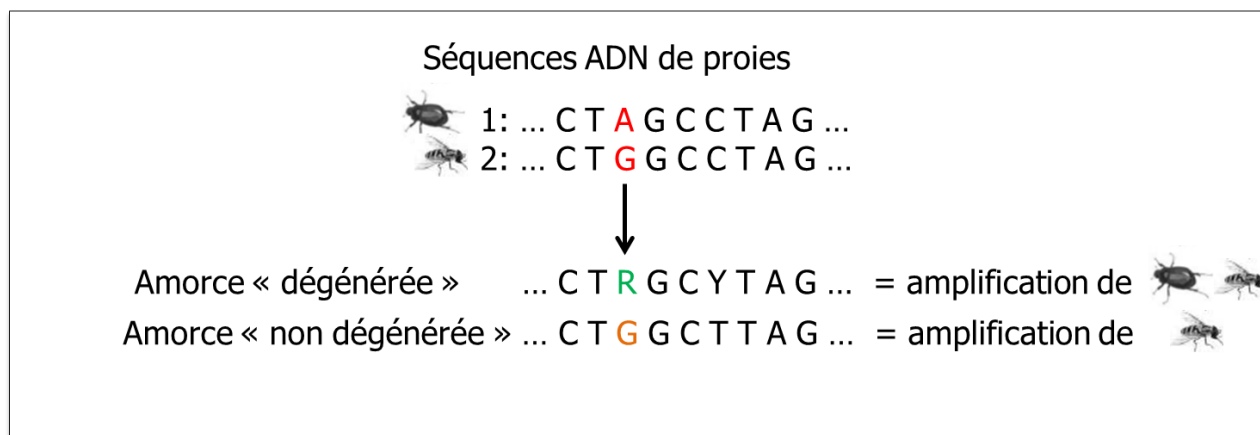


Figure 93 : Schéma explicatif de la notion d’amorce dégénérée.

Nous avons ensuite procédé en trois étapes pour comparer les amorces: une comparaison *in silico*, une *in vivo* sur communautés artificielles et une *in vivo* sur du guano.

Les analyses sur les communautés *in vivo* sur le guano sont en cours. Les résultats ne sont donc pas présentés ici.

✓ Analyses in silico

Nous avons tout d'abord réalisé une analyse basée sur les séquences d'arthropodes disponibles dans les bases de données publiques. Pour chaque amorce nous avons calculé un score de pénalité basé sur le nombre et la position des *mismatches*.

Nos résultats ont révélé que les couples les plus couramment utilisés dans les analyses de régime alimentaire ont de très mauvais scores (Figure 94, ex : amorces de Zeale 'ZBJ-ArtF1c' et 'ZBJ-ArtR2'). Non seulement le score de pénalité moyen est très élevé, mais on remarque également une grande variation du score entre ordre d'Arthropodes. Au contraire nos amorces ont de faibles scores de pénalité et sont homogènes. Elles sont parmi les plus efficaces (Figure 94).

Dans l'exemple ci-dessous, 'Forward' correspond aux amorces situées avant le code-barres ADN cible et 'Reverse' après le code-barres ADN cible. Pour être ciblé et amplifié le code-barres ADN est donc encadré par une amorce Forward et une amorce Reverse. En rouge sont indiquées les amorces les plus populaires ayant de très mauvais scores. En vert sont représentées les amorces que nous avons créées dans le cadre de cette étude.

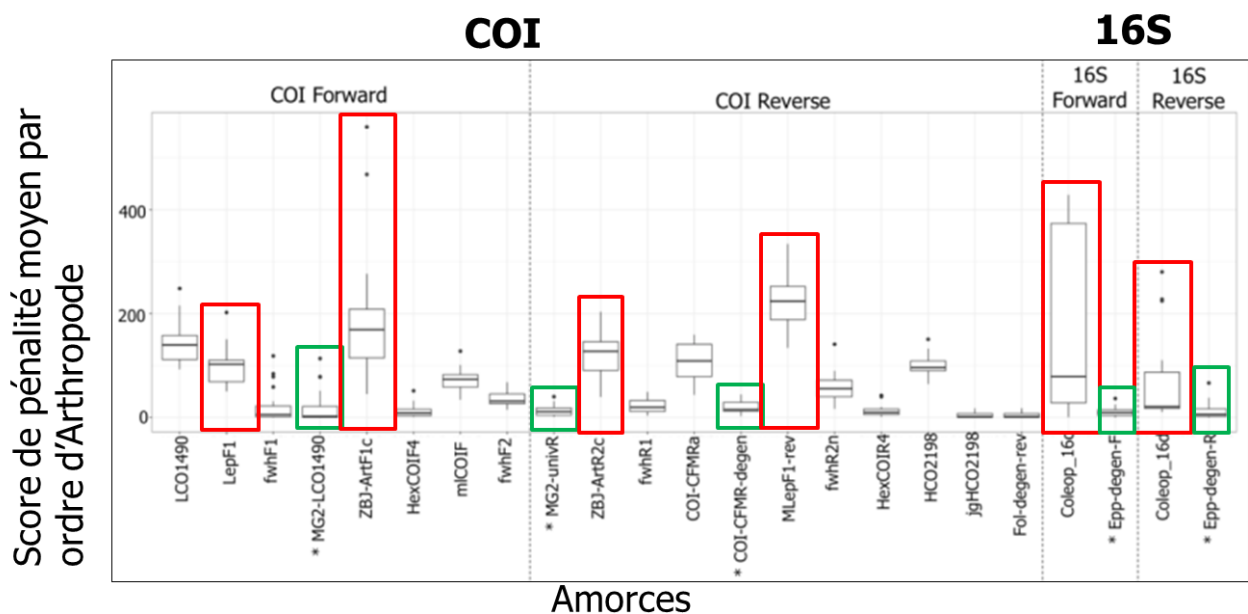


Figure 94 : Score de pénalité moyen par ordre d'Arthropode pour chaque amorce sur le gène COI et sur le gène 16S.

✓ Analyses in vivo : communautés artificielles

Durant l'été 2018 nous avons échantillonné à Montpellier et ses alentours 16 ordres d'Arthropodes. Chaque ordre est représenté par deux taxons sauf Opiliones qui est représenté par un seul taxon. A l'aide d'entomologistes du Centre de Biologie pour la Gestion des Populations (CBGP/INRA), nous avons obtenu une identification morphologique pour chaque individu échantillonné puis nous les avons identifiés moléculairement par séquençage classique. Nous avons ensuite composé six communautés artificielles avec un nombre variable d'espèces d'Arthropodes et présence ou absence d'ADN de Grand rhinolophe. Cela nous permet de tester l'effet de la diversité de proies et de la présence d'ADN du prédateur sur la détection et l'identification des proies (Figure 95).

La figure ci-dessous présente la composition des communautés artificielles créées (M1 = 16 espèces de 16 ordres d'Arthropodes ; M2 = 16 espèces de 16 ordres d'Arthropodes dont l'espèce d'Opiliones en commun avec M1 ; M3 = M1 + M2 = 31 espèces d'Arthropodes ; M4 = M1 + GR (Grand rhinolophe) ; M5 = M2 + GR (Grand rhinolophe) et M6 = M1 + M2 + GR (Grand rhinolophe)).

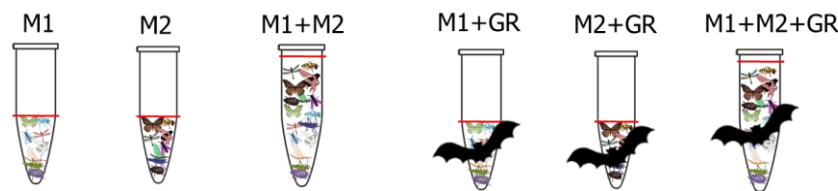


Figure 95 : Composition des six communautés artificielles.

Nos résultats sont similaires à ceux obtenus avec les analyses in silico : les amorces couramment utilisées dans la littérature ont de forts biais (échec d'amplification) selon les ordres d'Arthropodes et nos amorces donnent de bien meilleurs résultats (Figure 96).

Amorces de Zeale (Zeale et al. 2011)

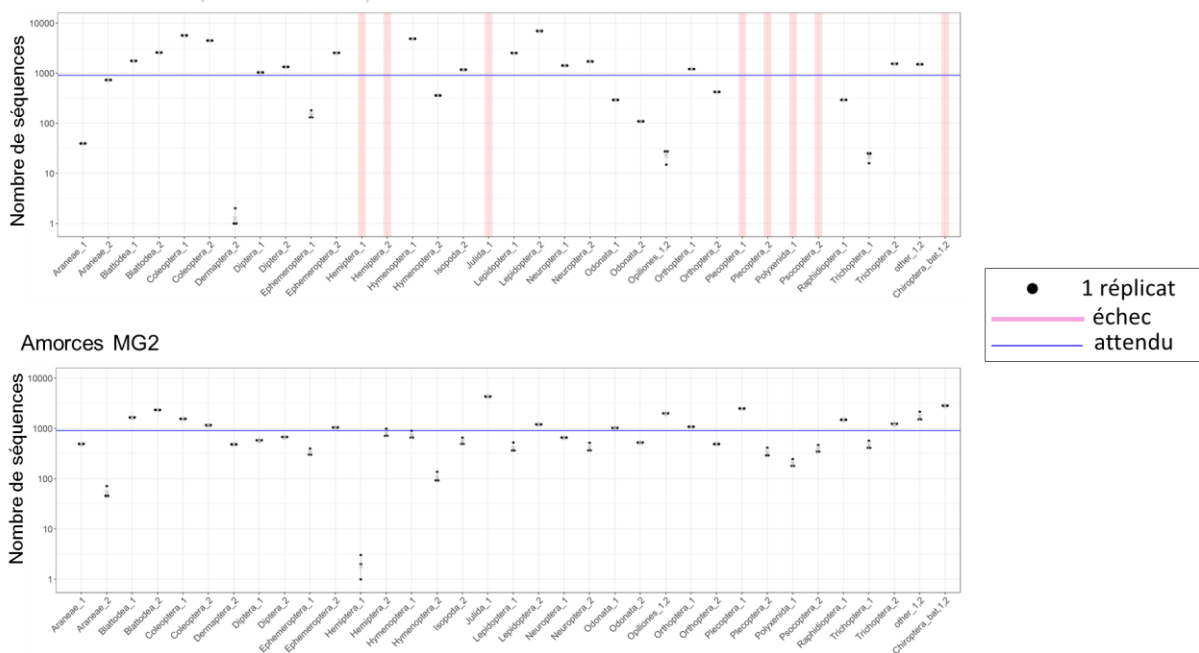


Figure 96 : Comparaison entre le célèbre couple d'amorces de Zeale et al. (2011) et un des couples d'amorce que nous avons créés (MG2).

4.8.2. Suivis spatio-temporels du régime alimentaire du grand rhinolophe

L'objectif était d'appliquer cette méthode de « metabarcoding » pour déterminer la variation spatio-temporelle du régime alimentaire du Grand rhinolophe et du Murin à oreilles échancrées en ex Poitou-Charentes.

Bien que très majoritairement en colonies mixtes, ces deux espèces ont des traits d'histoire de vie très distincts. En effet, les temps d'hibernation, et surtout les stratégies de vol et de chasse, de même que le régime alimentaire diffèrent. Ces différences peuvent aboutir notamment à une exposition contrastée aux polluants avec des implications différentes en terme de conservation.

Pour cette étude environ 100 guanos, dans la mesure du possible 50 de grand rhinolophe, 50 de Murin à oreilles échancrées, ont été collectés de mai à septembre 2018 (tous les 15 jours) au sein de 7 colonies de parturition en Poitou-Charentes (Figure 97).

La fréquence de récolte a été déterminée afin de pouvoir mettre en correspondance le guano avec les émergences des différentes proies consommées, puis éventuellement avec les périodes de traitements phytosanitaires.

Ces récoltes ont été réalisées après l'émergence pour éviter tout dérangement. Les guanos ont été prélevés par des pinces en bambou à usage unique sur des assiettes en carton changées à chaque passage pour éviter au maximum les contaminations entre les guanos.

Ces colonies mixtes ont été choisies pour leur contraste en termes de paysage et d'exposition potentielle aux pesticides (paysages dégradés d'agriculture intensive ou paysages de bocages plus préservés).

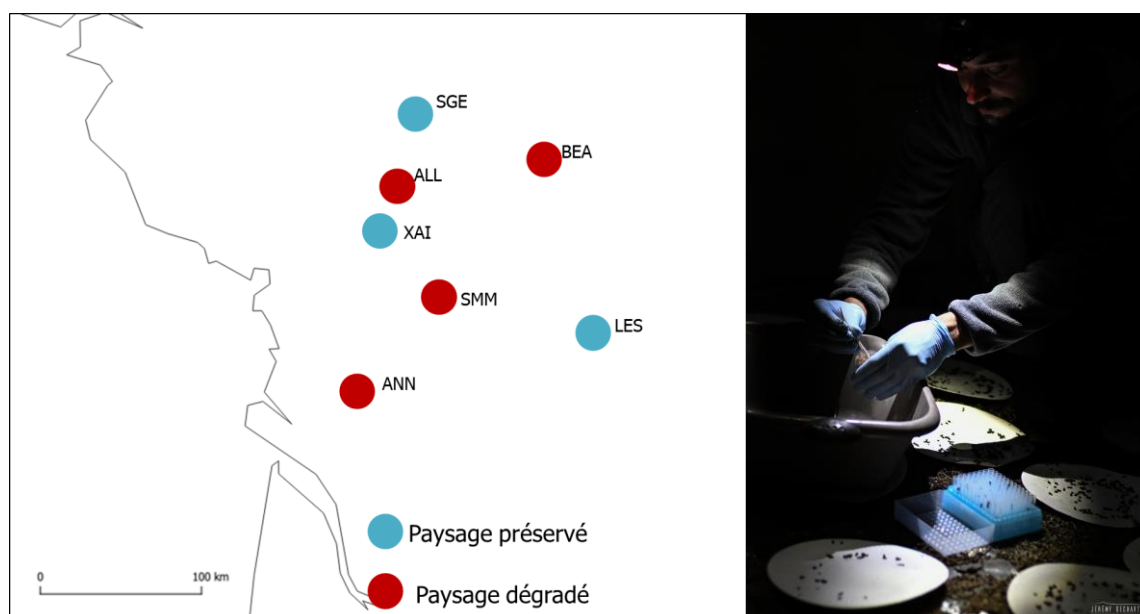


Figure 97 : Carte des colonies échantillonnées pour l'étude à gauche. À droite, photo de l'échantillonnage du guano sous les colonies (©Jérémy Dechartres).

Cet échantillonnage a permis de récolter 7000 échantillons. Le traitement d'une telle quantité d'échantillons nécessite environ 14 mois de laboratoire et d'analyses, pour un coût d'environ 56 000 euros (hors coût du terrain). Il nous a fallu prioriser les échantillons à analyser.

Pour débiter il a été décidé d'analyser l'ensemble des colonies, pour tous les guanos récoltés (*R. ferrumequinum* et *M. emarginatus*) et pour trois dates d'échantillonnage : première semaine de juin, deuxième semaine de juillet et dernière semaine d'août.

Les extractions, l'amplification et le séquençage de ces 2100 échantillons sont en cours. Les résultats seront disponibles d'ici fin 2019.

L'analyse comparative des couples d'amorces reste à finaliser mais elle montre d'ores et déjà que les couples d'amorces les plus utilisés dans les analyses de régime alimentaire de chauves-souris sont biaisés. Cela signifie qu'ils ne permettent pas d'amplifier certaines proies. Les résultats de ces analyses de régime alimentaire sont alors inexacts et biaisés non-intentionnellement vers certains taxa. Notre étude souligne l'importance du choix des amorces pour les analyses de « metabarcoding ».

Le suivi temporel réalisé va ensuite nous permettre de déterminer la diversité de proies et la variation saisonnière de celles-ci selon les émergences des insectes et des pressions environnementales. Grâce aux opérations de captures annuelles des chauves-souris dans ces colonies, la condition corporelle des individus sera estimée grâce à des mesures morphométriques (AB/masse notamment). L'ensemble de ces éléments nous permettra de faire le lien entre régime alimentaire, paysage et santé des individus dans les colonies.

4.9. Ecotoxicologie

Concernant l'écotoxicologie, des premières analyses sur les Eléments Traces Métalliques (ETMs) ont débuté fin 2017 sur 10 colonies de Poitou-Charentes (Figure 98).

Ces analyses ont été réalisées par le laboratoire CHRONO Environnement de Besançon.

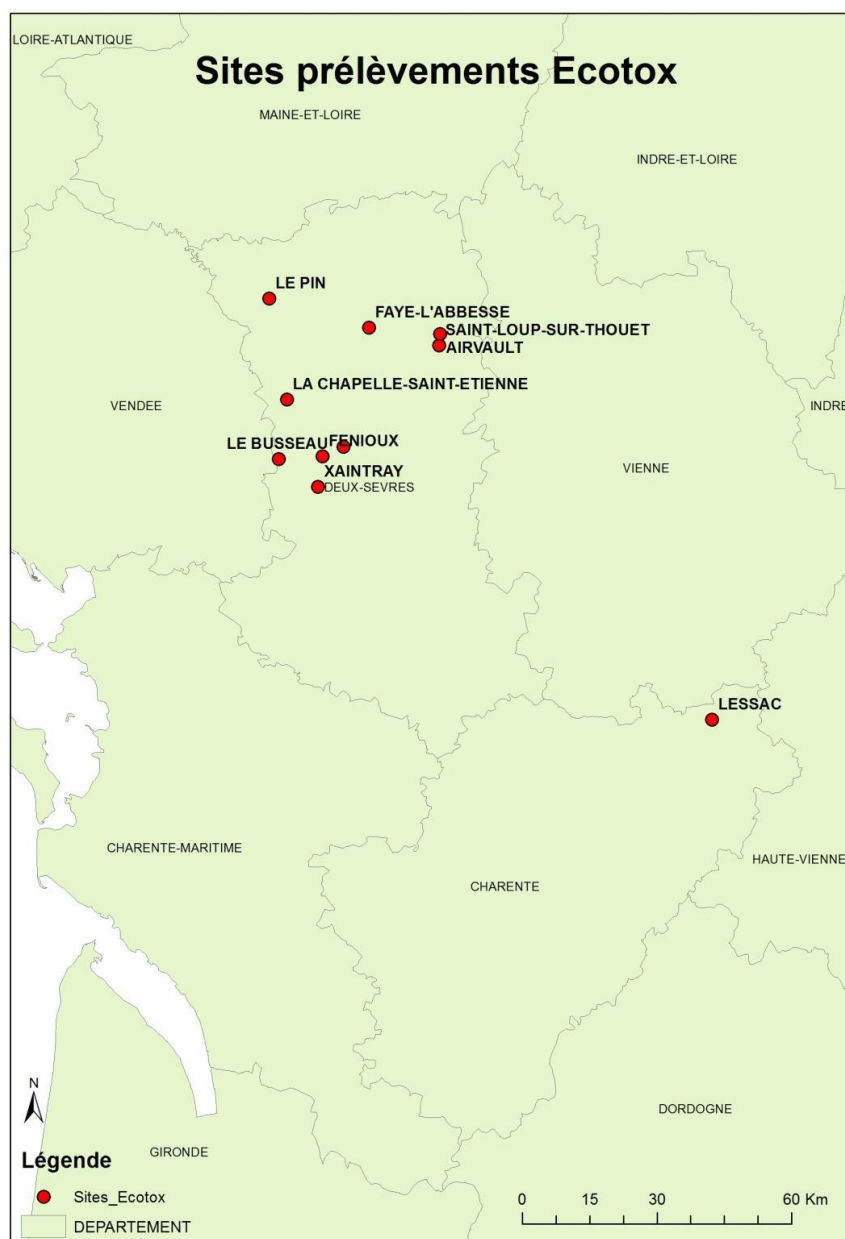


Figure 98 : Localisation des 10 colonies dont les prélèvements de poils ont été étudiés pour l'étude écotoxicologique.

Ces résultats montrent des concentrations très faibles pour chaque ETM au regard de la bibliographie sur d'autres espèces que le Grand rhinolophe (Tableau 25). Des différences physiologiques inter-espèces peuvent en partie expliquer ces résultats. Ces résultats semblent cohérents au regard de l'environnement peu urbanisé/industrialisé des colonies.

Toutefois, au sein des colonies étudiées, on remarque certaines concentrations très supérieures pour certaines d'entre elles (Tableau 24) :

Molybdène et Cadmium sont en concentration plus élevée à Lessac, colonie située dans un viaduc routier à fort trafic.

Le plomb est en concentration plus forte à Fenioux, sans explication particulière.

Le Nickel est en concentration plus forte à Saint-Loup-Lamairé (nommée Saint-Loup-sur-Thouet par erreur en 2016).

Des analyses sur les pesticides contemporains pourraient amener des résultats plus significatifs. Cependant, il semble aujourd'hui qu'aucun laboratoire de recherche et d'analyse n'ait la technologie requise pour travailler sur la matrice "poil de chauve-souris" sur ces concentrations très faibles.

La mise en place méthodologique doit être un pré-requis dont la somme serait pour l'instant équivalente au programme de recherche dans son ensemble...

A ce jour, la recherche en écotoxicologie pour notre problématique est donc dans une impasse malgré de nombreux partenaires potentiels contactés. Il s'agirait pourtant d'un des axes cruciaux pour évaluer l'état de santé de la population de Grand rhinolophe et l'impact des pratiques agricoles et industrielles sur celle-ci.

Tableau 24 : Concentration en Eléments Traces Métalliques (ETMs) dans les poils des Grands rhinolophes des 10 colonies échantillonnées.

Nom échantillon	Mn (µg/L)	Mn (µg/g)	Fe (µg/L)	Fe (µg/g)	Ni (µg/L)	Ni (µg/g)	Cu (µg/L)	Cu (µg/g)	Zn (µg/L)	Zn (µg/g)	Mo (µg/L)	Mo (µg/g)	Cd (µg/L)	Cd (µg/g)	Pb (µg/L)	Pb (µg/g)
2016 FENIOUX FR	0,502	0,436	35,44	30,76	0,067	0,058	7,77	6,75	95,77	83,13	0,805	0,699	0,005	0,005	1,99	1,72
2016 AIRVAULT	0,310	0,506	18,93	30,89	0,215	0,351	4,97	8,11	59,69	97,41	0,551	0,899	0,005	0,008	0,25	0,42
XAINTRAY	0,348	0,380	21,03	22,94	0,256	0,279	6,96	7,59	87,13	95,04	0,579	0,632	0,004	0,004	0,37	0,41
LE PIN	0,306	0,386	18,74	23,64	0,083	0,105	5,97	7,53	74,05	93,40	0,722	0,911	0,004	0,005	0,35	0,44
FAYE L'ABESSE	0,269	0,276	25,28	25,88	0,138	0,141	6,95	7,12	85,66	87,69	0,819	0,839	0,005	0,005	0,59	0,60
CHAPELLE ST ETIENNE	0,326	0,423	22,64	29,33	0,113	0,146	5,73	7,42	75,05	97,22	0,622	0,805	0,006	0,008	0,31	0,41
LE BUSSEAU	0,297	0,398	18,83	25,25	0,177	0,238	5,61	7,52	66,8	89,59	0,536	0,719	0,004	0,006	0,30	0,40
ST LOUP/THOUE	0,367	0,591	19,78	31,90	0,686	1,107	4,57	7,37	58,05	93,63	0,494	0,797	0,012	0,019	0,55	0,89
ALLONNE-FR	0,522	0,512	35,86	35,18	0,199	0,195	7,68	7,53	94,25	92,47	0,914	0,897	0,008	0,007	0,75	0,73
LESSAC	0,524	0,575	48,12	52,86	0,078	0,086	6,45	7,08	78,83	86,59	24,500	26,911	0,077	0,085	0,65	0,71
Moyenne		0,448		30,86		0,27		7,40		91,62		3,41		0,015		0,67
<i>Ecart-type</i>		0,098		8,67		0,31		0,36		4,73		8,26		0,025		0,41
Mediane		0,429		30,05		0,17		7,47		92,94		0,82		0,007		0,52

En orange = concentrations supérieures à celle des autres colonies.

Tableau 25 : Comparaison des concentrations en Eléments Traces Métalliques (ETMs) dans les poils de chauves-souris dans la bibliographie avec notre étude.

Espèce	Cadmium (Cd)	Cuivre (Cu)	Manganèse (Mn)	Plomb (Pb)	Zinc (Zn)	Référence	Contexte
<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>	0,015±0,025 0,007	7,4±0,4 7,5	0,45±0,10 0,43	0,67±0,41 0,52	92±5 93	Présente étude	
<i>Myotis bechsteinii</i>	0,21	31	34±22	5,14	103	Flache et al. 2015a	Allemagne, pop. stables, adultes, paysage diversifié (agric., urb., forest.)
<i>M. daubentonii</i>	0,02	70	23±17	4,26	129		
<i>M. myotis</i>	0,28	21	66±29	0,39	89		
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	0,81	36	27±36	34	383		
<i>Nyctalus noctula</i>	0,16	123	83,7	1,14	167	Flache et al. 2015b	Allemagne, Giessen (80000 hab.)
<i>P. pipistrellus</i>	0,25	17	Non mesuré	19	260	Hartmann 2000	Allemagne

4.10. Epidémiologie

Le programme de recherche ECOFECT (en lien direct avec le programme sur le Grand rhinolophe), s'intéresse aux agents infectieux qui peuvent affecter les populations de chauves-souris. Le laboratoire CIRI (Centre International de Recherche en Infectiologie), spécialisé dans les virus de type Hépatites analyse actuellement les échantillons de sérum sanguin prélevés sur les Grands rhinolophes et autres espèces dans le cadre du projet. Cette analyse concerne environ 70% des échantillons récoltés, soit 2 085 échantillons sur 3 012 (Tableau 26), le reste de ces échantillons étant conservé pour d'autres analyses.

Sont pris en compte ici les échantillons pour lesquels au moins 20 microlitres de sérum ont pu être extraits, ce qui représente une quantité suffisante pour les travaux de recherche concernés ici.

Tableau 26 : Nombre de prélèvements de sérum sanguin > 20 microlitres depuis le lancement du programme ECOFECT en métropole (2015).

Espèces	2015	2016	2017	2018	Total général
<i>Eptesicus serotinus</i>	2	7		3	12
<i>Miniopterus schreibersii</i>	31	409	131		571
<i>Myotis myotis</i>	6	49	25	33	113
<i>Rhinolophus euryale</i>	1		24		25
<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>	92	752	643	804	2291
Total général	132	1217	823	840	3012

Parmi ces échantillons, on note un nombre important de prélèvements également chez le Minioptère de Schreibers, principalement en Charente, Charente-Maritime et Gironde (Tableau 27).

Ceci permettra, nous l'espérons, d'étendre nos analyses sur une espèce comme celle-ci dont on suppose que l'épizootie de 2002 dont elle a été victime ait pu être liée à une épidémie virale, et qui aujourd'hui est en déclin avéré sur la zone géographique d'étude. Il en va de même pour le Grand murin dont un déclin important semble annoncé (-40 %), au moins pour l'ex Poitou-Charentes.

L'échantillonnage pour le Grand rhinolophe est biaisé en faveur des femelles puisque la majorité des sites sont des colonies de mise bas, mais le nombre d'échantillons de sérum pour les mâles est assez satisfaisant grâce aux captures réalisées lors des périodes de transits printaniers et automnaux. Un certain nombre de mâles juvéniles et subadultes ont malgré tout été capturés au sein des colonies de parturition.

L'échantillonnage permet également d'effectuer des analyses par âges et statuts reproducteur/stades d'allaitement et de répondre à des questionnements concernant des hypothèses de plus forte vulnérabilité aux virus des juvéniles, des mâles actifs, des femelles gestantes (trop peu d'individus) ou allaitantes.

Tableau 27 : Nombre d'échantillons de sérum > 20 microlitres depuis le lancement d'ECOFECT en métropole (2015) par départements

Espèces/Dpmt	2015	2016	2017	2018	Total général
Eptesicus serotinus	2	7		3	12
17	2	7		3	12
Miniopterus schreibersii	31	409	131		571
16		56	7		63
17	31	185	43		259
24			35		35
33		163	46		209
79		5			5
Myotis myotis	6	49	25	33	113
16	1	3	8	2	14
17	5	1	1	27	34
19			16	4	20
33		45			45
Rhinolophus euryale	1		24		25
16	1		14		15
19			10		10
Rhinolophus ferrumequinum	92	752	643	804	2291
16	4	108	54	38	204
17	20	97	48	180	345
19			92	95	187
24			4		4
33		9	18		27
49				86	86
79	68	503	382	303	1256
85		35	45	70	150
86				32	32
Total général	132	1217	823	840	3012

Un travail post-doctoral à l'Université de Lyon utilise les données récoltées dans le cadre du programme ECOFECT, plus généralement, pour étudier la question de la pathogénicité des virus chez les chauves-souris. Ce travail a fait l'objet d'une publication scientifique dans Journal of virology fin 2018 et est présenté succinctement ci-après.

Il a été montré que les chauves-souris hébergeaient un nombre très important de virus par rapport aux autres ordres de mammifères (Figure 99). La particularité supplémentaire de cet ordre est l'apparente asymptomaticité des individus porteurs de ces virus. Autrement dit, les chauves-souris sont des porteuses « saines » d'un certain nombre de virus.

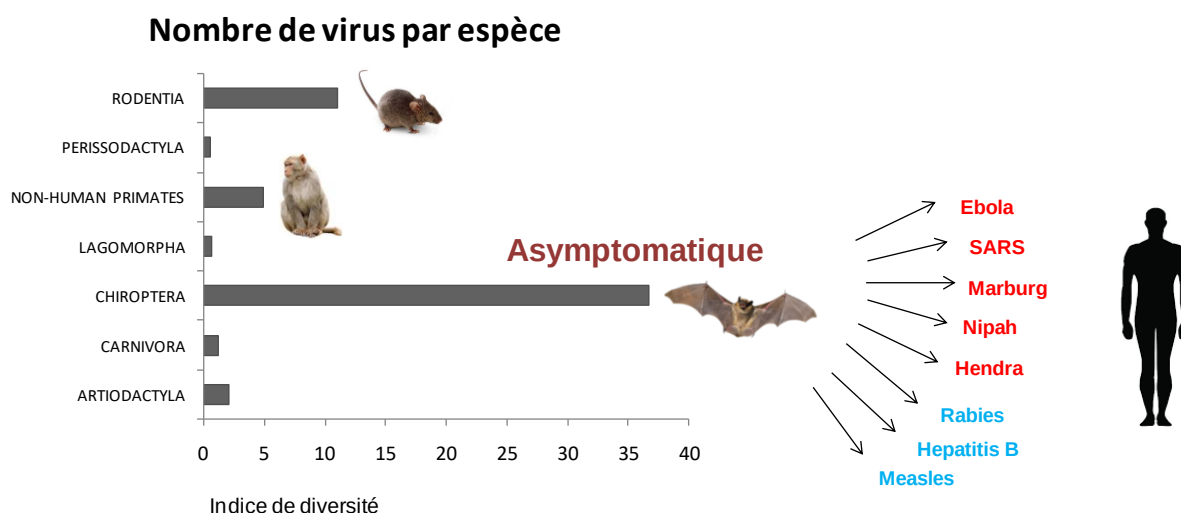


Figure 99 : Nombre de virus hébergés par différents ordres de mammifères

Une manière d'évaluer le caractère pathogène des virus qui circulent dans les populations de chauves-souris, est d'analyser les interactions hôtes-virus à l'échelle moléculaire. Certains virus doivent en effet se lier à des récepteurs spécifiques se trouvant à la surface des cellules cibles pour y entrer et accomplir leur cycle de réplication en détournant la « machinerie cellulaire », parfois au détriment des hôtes (Figure 100). La région de liaison du virus au récepteur se révèle alors être un véritable champ d'interactions moléculaires : l'interaction, lorsqu'elle est pathogène pour l'hôte, génère un conflit évolutif, entraînant de nouvelles contre-adaptations du virus (Figure 101), et ainsi de suite... il s'agit en quelque sorte d'une perpétuelle « course aux armements », mécanisme bien connu en écologie évolutive.

Ainsi, au cours de millions d'années d'évolution, l'infection virale sélectionne chez l'hôte des mutations (dans le gène codant pour les récepteurs), qui altèrent la liaison entre le virus et le récepteur, mais le virus ne reste pas inactif et mute à son tour pour contrer l'évolution de l'hôte, tout cela avec un effet minimal sur la fonction normale du récepteur.

Autrement dit, les gènes de l'hôte codant pour des récepteurs se sont adaptés sans relâche depuis des millions d'années afin de contrer les stratégies sans cesse renouvelées par certains virus pour entrer dans les cellules. Ainsi, le taux de substitution non-synonyme (c'est-à-dire qui modifie l'acide aminé de la séquence protéique) au niveau des sites de liaison est plus élevé qu'ailleurs dans la séquence du gène. Ce type de sélection dit « positive » peut être utilisé pour déduire l'existence d'une « course aux armements » au cours de l'évolution, et donc la pathogénécité du ou des virus utilisant ces récepteurs. De plus, cette co-évolution entre le virus et le récepteur peut créer une spécificité entre les deux protagonistes, ce qui détermine le spectre d'hôtes (c'est-à-dire le nombre d'espèces d'hôtes différentes que peut infecter un virus).

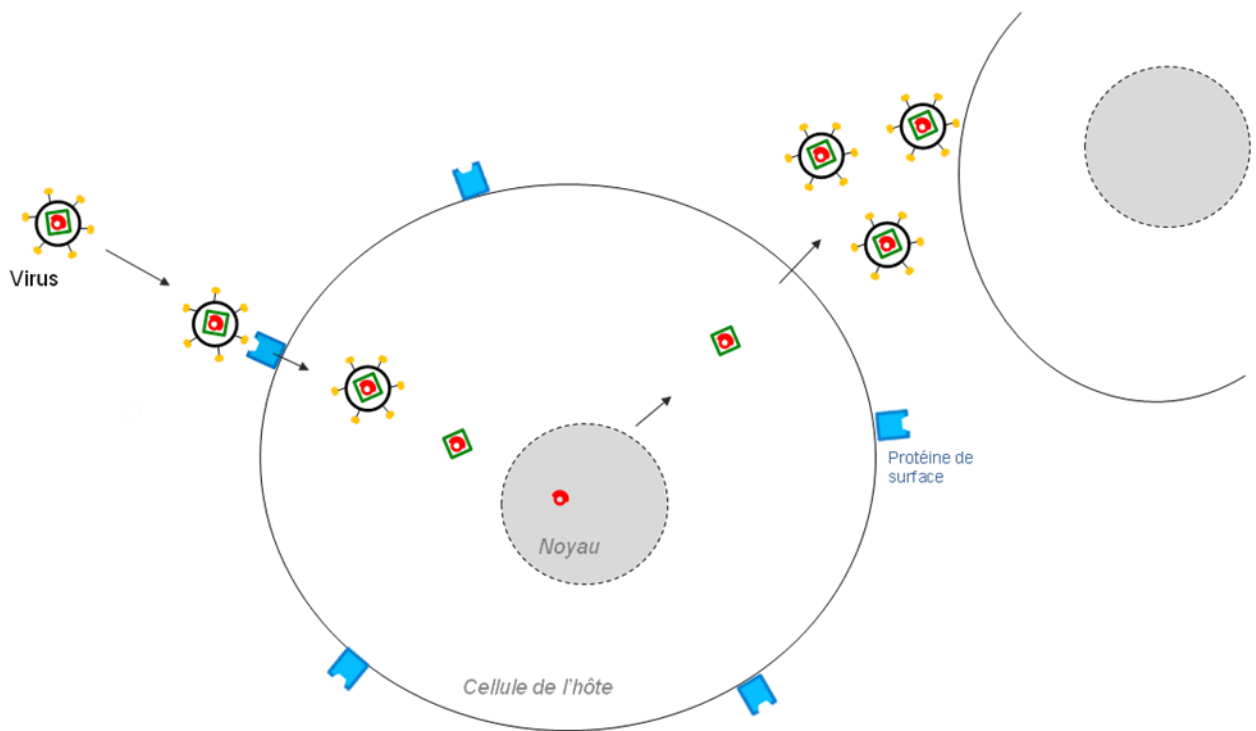


Figure 100 : Schéma d'un virus qui entre dans une cellule de son hôte en se liant à des récepteurs spécifiques se trouvant à la surface des cellules cibles pour accomplir son cycle de réplication en détournant la « machinerie cellulaire ».

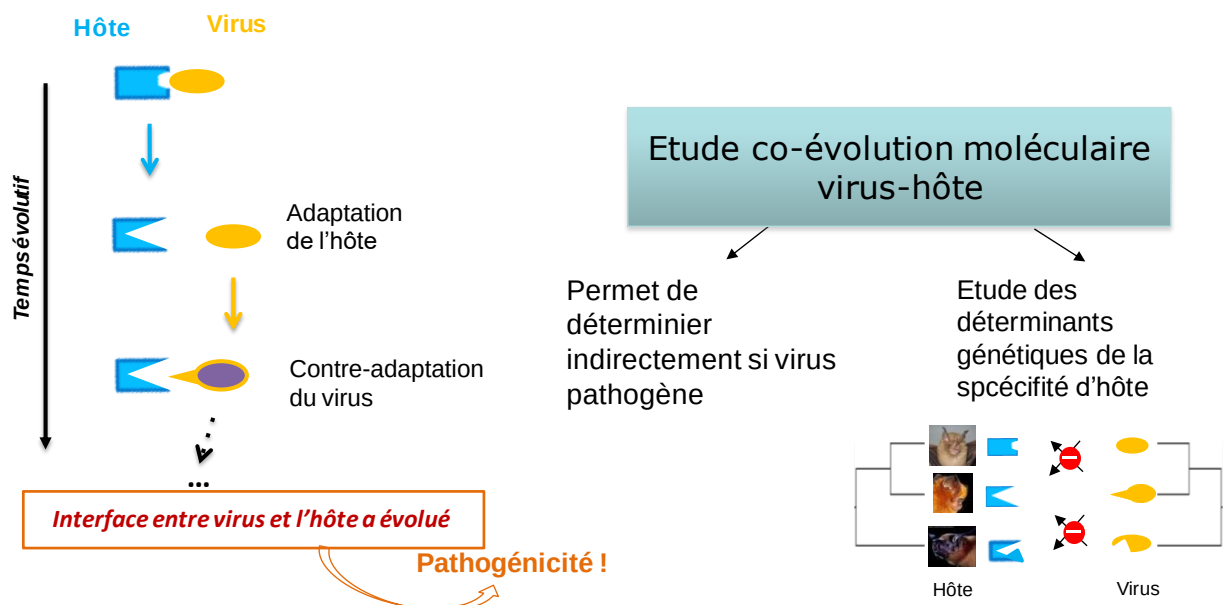


Figure 101 : Schéma de la co-évolution entre hôte et virus qui signe la pathogénicité de ce dernier

Nous avons choisi le virus de l'hépatite B (VHB), membre des orthohepadnavirus, comme modèle d'étude. La raison est double. Tout d'abord, le VHB a récemment été isolé chez de nombreuses espèces de chauves-souris, et en particulier chez le Grand rhinolophe.

Cependant, l'histoire évolutive et la pathogénicité de ces virus chez les chauves-souris restent inconnues. D'autre part, au sein du LabEx ECOFECT, nous avons des équipes de virologues spécialistes du VHB (F.L. COSSET et P. ANDRE, LabEx ECOFECT et CIRI).

Dans cette étude, nous avons déterminé si l'évolution du récepteur du VHB, la protéine NTCP (une des protéines impliquées dans le transport des sels biliaires, essentiels à l'absorption des lipides), a été façonnée par les orthohepadnavirus circulant chez les chauves-souris, dans le but d'évaluer (i) la pathogénécité des orthohepadnavirus chez les chauves-souris et (ii) les conséquences de cette coévolution sur leur spectre d'hôtes. Les données génomiques de chiroptères étant très limitées dans les bases de données publiques, nous avons effectué un échantillonnage robuste sur le terrain en France métropolitaine, Guyane et Gabon, augmentant ainsi considérablement le nombre d'espèces et de familles de chauves-souris pour nos analyses évolutives. Ainsi, nous avons pu analyser les séquences de NTCP chez 21 espèces appartenant à 11 familles (sur les 19) de chauves-souris – couvrant 62 millions d'années d'évolution des chiroptères (Figure 102).

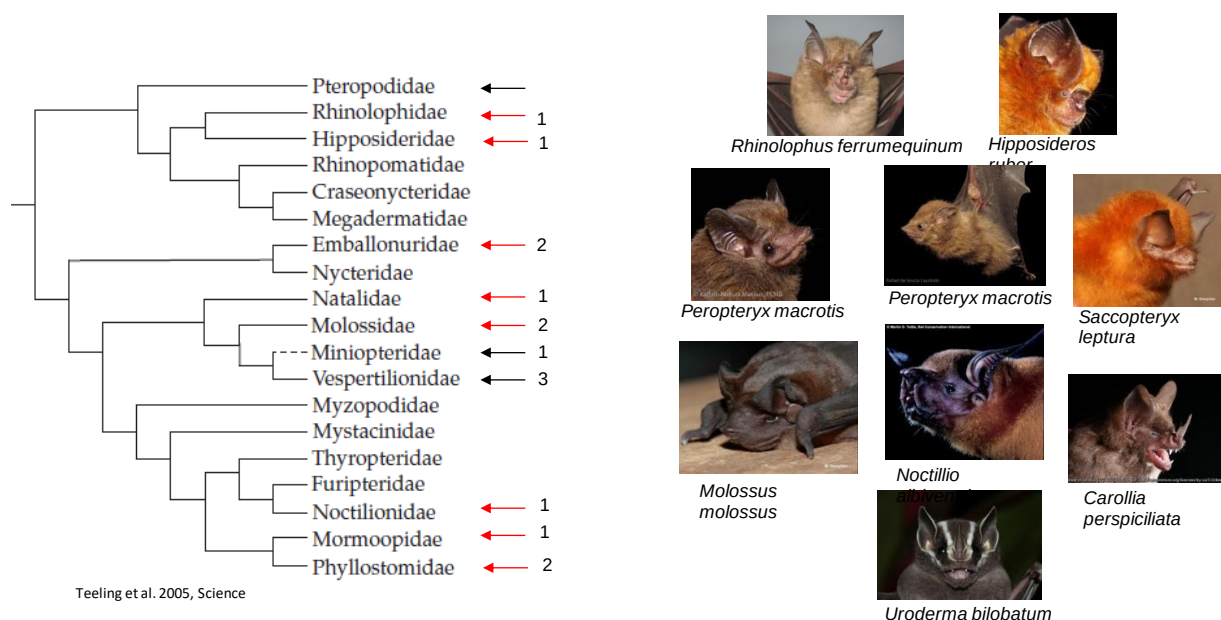


Figure 102 : Nombre d'espèces par famille dont les séquences génétiques de NTCP ont été analysées grâce à l'échantillonnage du programme ECOFECT.

Nos résultats ont révélé que la protéine NTCP a évolué sous un régime de sélection positive chez les chiroptères. En revanche, les acides-aminés sous sélection positive sont localisés tout au long de la protéine NTCP mais en dehors des régions supposées d'interaction avec le VHB, identifiées dans le cas de l'interaction entre l'Homme et le VHB (Figure 103).

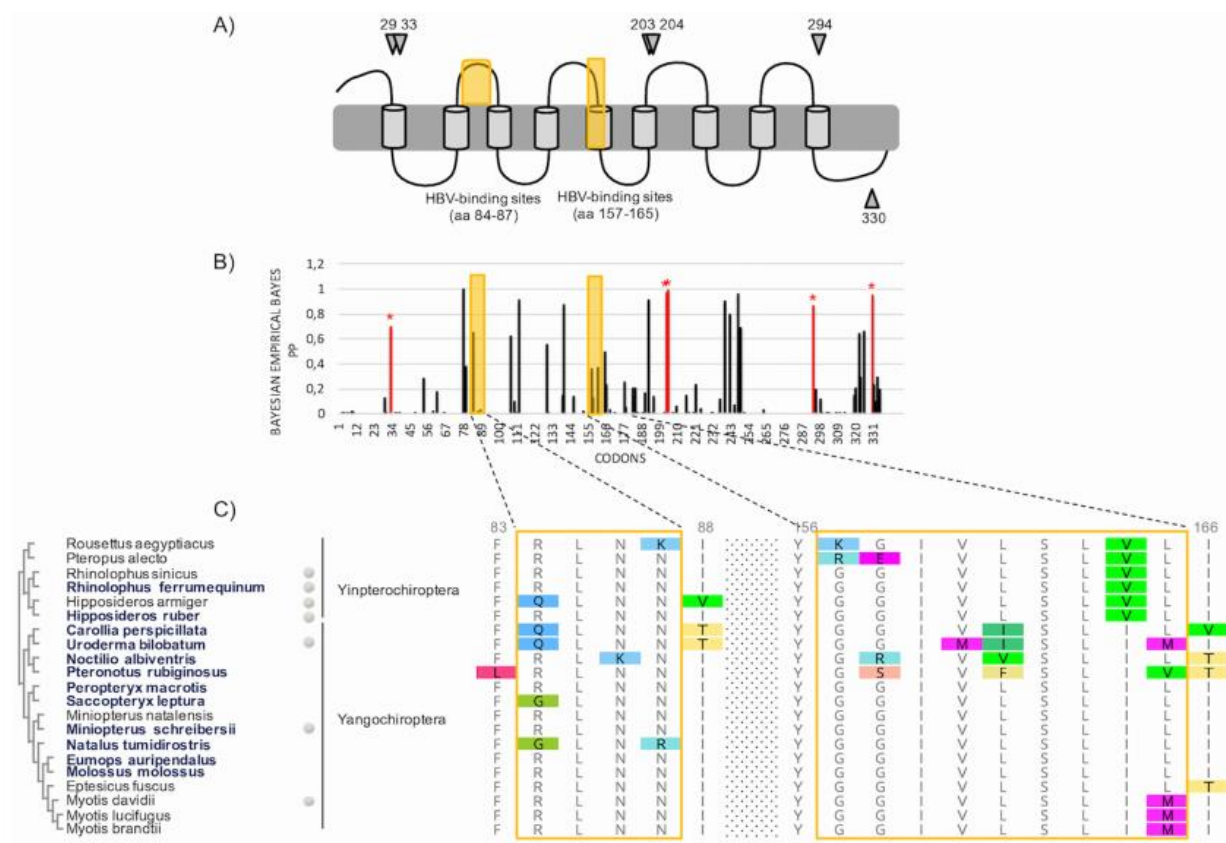


Figure 103 : Fortes signatures de sélection positive observées chez le NTCP des chauves-souris.

Ces résultats peuvent s'expliquer par deux hypothèses. Une première hypothèse est que les orthohepadnavirus des chauves-souris se fixent sur d'autres sites du récepteur NTCP, différents de ceux identifiés chez l'Homme. Cela implique que les orthohepadnavirus ont été pathogènes au cours de l'évolution des chiroptères, induisant ainsi l'évolution rapide de NTCP chez ces derniers.

Une deuxième hypothèse est que les orthohepadnavirus n'exercent pas de pression de sélection chez les chauves-souris, et sont donc peu ou pas pathogènes. Dans ce cas, les signatures de sélection observées seraient le résultat d'une autre pression de sélection.

Compte tenu du rôle de NTCP dans le métabolisme des lipides, et de la diversification du régime alimentaire des chauves-souris au fil de l'évolution, nous avons testé cette hypothèse en considérant le régime alimentaire de nos espèces de chauves-souris.

L'analyse en composantes principales (ACP) révèle que le régime alimentaire explique une grande partie la variabilité de NTCP chez les chauves-souris (Figure 104). Ainsi, les patrons génétiques observés reflèteraient des changements adaptatifs associés au métabolisme, particulièrement au régime alimentaire, plutôt qu'à l'infection par les orthohepadnavirus. Enfin, nos résultats suggèrent que l'évolution de NTCP ne détermine que très peu (voire pas du tout) le spectre d'hôtes des orthohepadnavirus chez les chauves-souris, facilitant la transmission des virus entre les espèces et contribuant à la diversité observée des orthohepadnavirus dans ce groupe. Des tests fonctionnels en laboratoire seront nécessaires pour évaluer laquelle des deux hypothèses formulées est la plus à même d'expliquer les patrons observés.

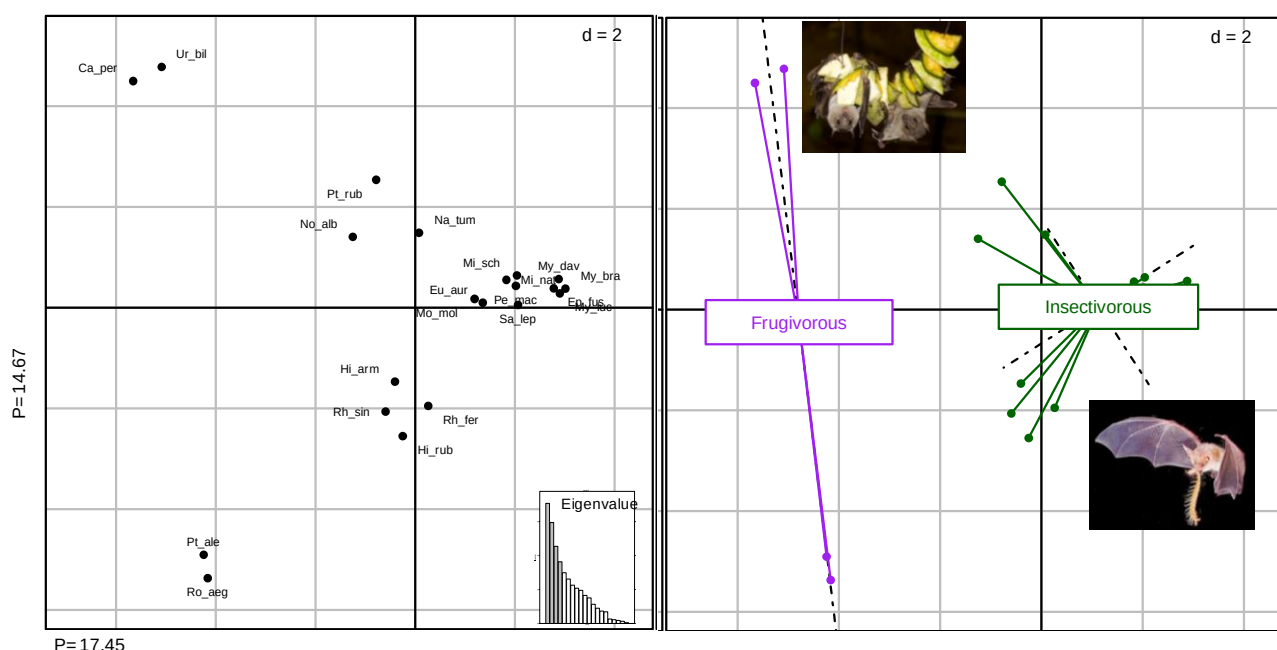


Figure 104 : Analyse en Composantes Principales (ACP) de l'évolution de la molécule de NTCP des chauves-souris en lien avec le régime alimentaire.

Ces premiers résultats en épidémiologie montrent la complexité des phénomènes impliqués. Ils sont cependant très prometteurs quant aux analyses à venir. Un partenariat est actuellement à l'étude pour travailler en collaboration avec l'Université de Caen - Normandie (Meriadeg Ar Gouilh) concernant les Coronavirus.

Il est aujourd'hui indispensable de développer les recherches en épidémiologies chez les chiroptères en lien avec l'ensemble des autres thématiques, notamment pour comprendre dans leur globalité les systèmes virus-hôtes. Cette compréhension globale est une des clés de l'état de santé des chauves-souris et donc de leur conservation à long terme. Elle est également un élément important à prendre en compte dans le cadre de tous les suivis scientifiques et naturalistes réalisés sur les chiroptères (comptages des colonies, des cavités souterraines, opérations de capture, etc.), et ce, à la fois pour la santé humaine mais aussi pour éviter la propagation non intentionnelle de maladies parfois dramatiques pour les populations de chiroptères elles-mêmes (syndrome du « nez blanc » par exemple).

5. ACTIONS DE SENSIBILISATION ET DE COMMUNICATION

5.1. Opération « Refuge pour les chauves-souris »

Depuis son lancement il y a un peu plus de 10 ans dans les Deux-Sèvres et sa régionalisation lors du programme sur les chauves-souris anthropophiles (2013-2015), cette opération connaît un véritable succès au sein de l'ex région Poitou-Charentes. En effet, notre ancienne région est toujours la 1^e région de France concernant le nombre de refuges avec près de 300 créés à ce jour !



L'opération « Refuge », coordonnée par la SFEPM au niveau national est avant tout un outil de communication car il s'adresse aussi bien aux particuliers qu'aux collectivités, qu'ils accueillent ou non des chauves-souris. Il permet toutefois de préserver aujourd'hui bon nombre de colonies.

L'objectif affiché pour cette 3^e phase était la création d'au moins 5 Refuges par structure participante à l'opération, soit un total de 25 refuges pour le Poitou-Charentes.

Tableau 28 : Nombre de refuges pour les chauves-souris créés en 2018 par les différentes structures

	Charente Nature	Vienne Nature	NE 17	LPO France	DSNE	TOTAL
Nb de Refuges	6	4	17	0	5	32

Comme le montre le tableau ci-dessus (Tableau 28), l'objectif affiché a été atteint avec la création de 32 refuges dans toute la région, même si certaines structures n'ont pas atteint l'objectif affiché.

Depuis 2016 et le début du programme, ce sont 100 refuges qui ont été créés (41 en 2016, 27 en 2017 et 32 en 2018).

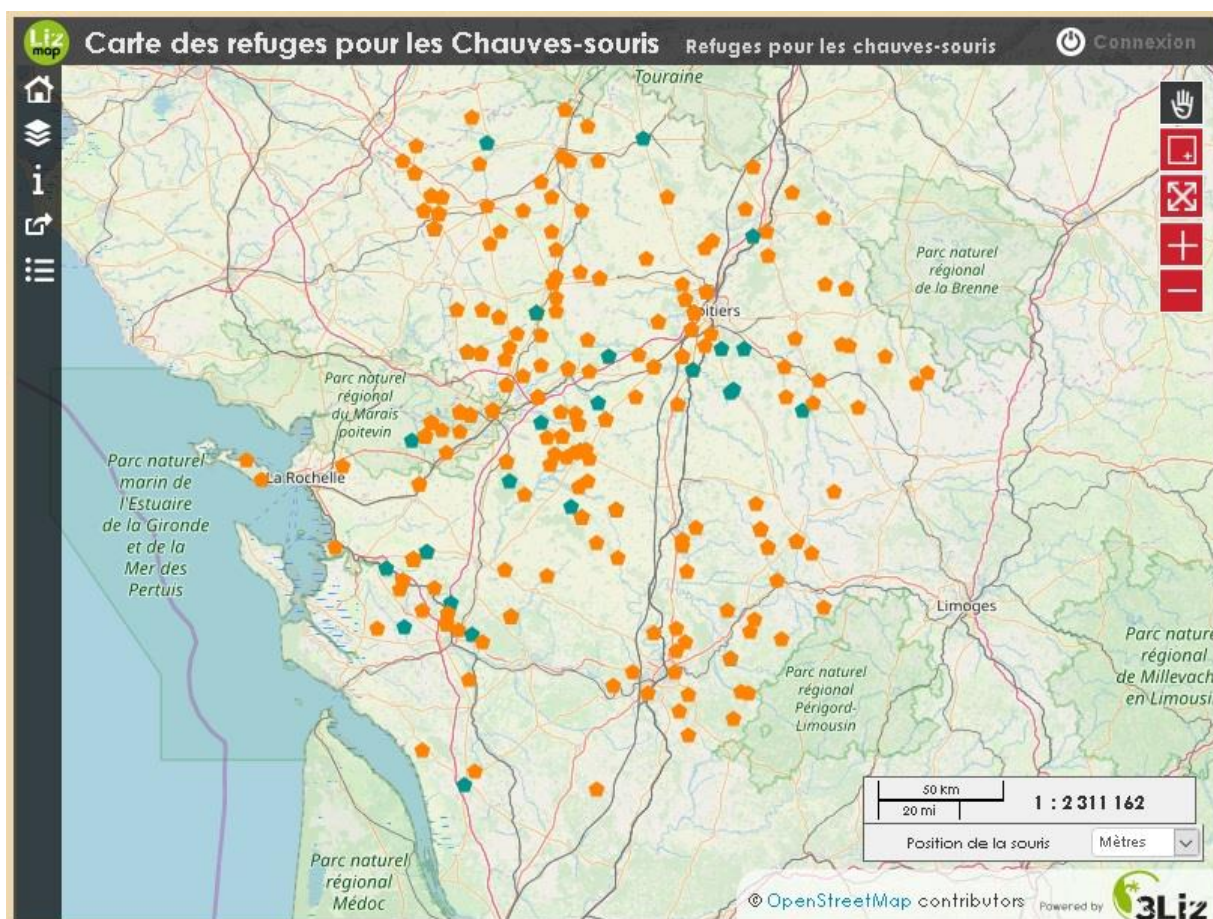


Figure 105 : Carte des refuges pour les chauves-souris en ex Poitou-Charentes (Source : SFEPM, 2019).

Tableau 29 : Nombre de refuges pour les chauves-souris créés par département en ex-Poitou-Charentes depuis le début de l’opération en 2004.

	Charente	Charente-Maritime	Deux-Sèvres	Vienne	TOTAL
Nb de Refuges	31	52	139	70	292

Comme le montre le tableau ci-dessus (Tableau 29), l’ex-région Poitou-Charentes compte 292 refuges et conserve ainsi son « titre » de 1^{ère} région de France pour les refuges pour les chauves-souris ! A ce jour, 1059 refuges existent en France métropolitaine.

La Figure 105 ci-dessus localise l’ensemble des refuges de Poitou-Charentes (source : SFEPM).

5.1.1. Conférences et animations

Durant ce programme, aucun objectif chiffré n'a été donné concernant la réalisation de conférences ou autres animations (Nuit Internationale de la chauve-souris par exemple). Il s'agit d'actions que les différentes associations mènent désormais tous les ans et qui permettent d'informer et de sensibiliser tous les publics.

Pour cette 3e phase, 9 conférences et 11 sorties de découverte ont eu lieu selon le détail donné dans le tableau suivant. Ces interventions ont permis de sensibiliser 526 personnes (Tableau 30).

Durant cette phase, 8 articles de presse ont été publiés dont 4 dans les Deux-Sèvres.

Une conférence a également été donnée pour la Société des Sciences Naturelles au Museum d'Histoire Naturelle de La Rochelle rassemblant 58 personnes.

Tableau 30 : Synthèse des actions de communication réalisées en 2018 par les différentes associations.

	Charente	Charente-Maritime	Deux-Sèvres	Vienne	TOTAL
Refuges conventionnés	6	17	5	4	32
Conférence grand public	1	6	1	1	9
Sortie de découverte	4	2	4	1	11
Nombre de personnes	101	330	55	40	526
Communiqués de presse			1	1	2
Articles de presse (nombre)		3	4	1	8
Type presse		Magazine et PQR	PQR	PQR	
Articles bulletins APNE (nombre)		2	1	1	4

5.1.2. Interventions auprès de la profession agricole

L'information et la communication auprès du monde agricole étaient une des actions prioritaires du 2nd Plan Régional d'Actions en faveur des Chiroptères en Poitou-Charentes. Seulement, quelques actions à la marge avaient été réalisées jusqu'alors. Etant donnée la biologie du Grand rhinolophe, espèce emblématique des agrosystèmes de polyculture-élevage, il nous a semblé essentiel de développer un partenariat important avec la profession.

C'est pourquoi nous avons tout d'abord contacté le réseau InPACT qui est un pôle associatif qui promeut les Initiatives pour une Agriculture Citoyenne et Territoriale en Poitou-Charentes. Ce réseau regroupe aujourd'hui 9 associations. Notre objectif initial était de faire connaître le Grand rhinolophe et de sensibiliser sur les services écosystémiques rendus par cette espèce à l'agriculture en organisant 2 conférences/animations par département et par an.

Après les premiers contacts avec le réseau, un mail d'information a été diffusé à tous les adhérents du réseau, présentant le programme et sollicitant les agriculteurs motivés pour réaliser des visites ou des aménagements. Cette sollicitation n'a donné lieu qu'à très peu de réponses. Ainsi aucune animation n'a eu lieu durant ce programme ciblé vers cette profession.

Depuis 2016, nous réfléchissons à une autre approche pour toucher le monde agricole sans se limiter à des actions de communication ou de sensibilisation. Des contacts ont été pris avec la LPO 85 en 2016 qui développe depuis quelques années une opération originale à destination d'agriculteurs qui placent la conservation de la biodiversité comme une priorité de leur système, il s'agit de l'opération « Paysans de Nature ».

Ainsi, le Groupe chiroptères de Poitou-Charentes Nature réfléchit actuellement à la manière de s'approprier cet outil et de le décliner au sein de l'ex Poitou-Charentes. Dans le cadre de la mise en œuvre du récent PRAC Nouvelle-Aquitaine, l'action 9 cible l'agriculture. Des réflexions sont désormais en cours entre les chiroptérologues des trois ex régions pour définir les modalités d'actions à réaliser dans ce cadre.

Dans le cadre de ce programme de 3 ans, cette action, non aboutie, est à ce jour un échec...

5.1.3. SOS chauve-souris

Les différentes actions de sensibilisation et de communication réalisées et détaillées ci-dessus permettent de toucher un public toujours plus important chaque année. Cela se traduit par un nombre de contacts toujours plus grand pour nous faire part de la présence de chauves-souris, qu'elles soient une gêne ou non. Le « SOS chauve-souris » est aujourd'hui la méthode la plus efficace pour découvrir de nouvelles colonies et ainsi faire progresser la connaissance de nos espèces. Le tableau ci-après (Tableau 31), récapitule l'ensemble des SOS traités en 2018 par les différentes associations de Poitou-Charentes Nature.

Ainsi, 27 SOS ont nécessité une intervention sur le terrain contre 79 qui ont été traités par téléphone.

Tableau 31 : Synthèse des « SOS chauve-souris » traités par les différentes associations en 2016.

	Charente	Charente-Maritime	Deux-Sèvres	Vienne	TOTAL
Interventions	6	5	8	8	27
Conseils uniquement	15	6	26	32	79
Contacts non traités, reportés en 2019	0	0	0	1	1
TOTAL	21	11	34	41	107

Ces SOS ont ainsi permis la découverte de 23 colonies et de plus de 700 individus, principalement des Pipistrelles comme l'indique le tableau ci-après (Tableau 32).

Tableau 32 : Synthèse du nombre d'individus et de colonies découverts en 2018 au sein des 4 départements de l'ex-région Poitou-Charentes.

Nom scientifique	Nom vernaculaire	16		17		79		86		TOTAL	
		NC	NI	NC	NI	NC	NI	NC	NI	NC	NI
<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>	Grand Rhinolophe				2	1	12		1	1	15
<i>Rhinolophus hipposideros</i>	Petit Rhinolophe	3	20	2	29		1		1	5	51
<i>Eptesicus serotinus</i>	Sérotine commune						2	1	52	1	54
<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Pipistrelle de Kuhl		1								1
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrelle commune	2	111	1	10	1	101			4	222
<i>Pipistrellus species</i>	Pipistrelle indéterminée	1	11	1	15	7	154	3	185	12	365
<i>Plecotus species</i>	Oreillard indéterminé						2		1		3
<i>Chiroptera species</i>	Chauve-souris indéterminée				10		1		3		14
TOTAL		6	143	4	66	9	273	4	243	23	725

Toutefois, étant donné le nombre important de SOS traités, on peut regretter que les moyens mis en œuvre pour cette action ne soient pas à la hauteur de l'importance de ces interventions chez les particuliers ou auprès des collectivités, notamment quand des aménagements sont nécessaires pour permettre la cohabitation entre la chauve-souris et l'homme.

A ce sujet, un chantier a dû être organisé chez un particulier pour concilier la présence d'une des plus importantes colonies de Grand rhinolophe des Deux-Sèvres et suivie dans le cadre de ce programme à Xaintray.

Ce chantier a consisté en l'aménagement de la grange où s'installe chaque année la colonie. Un plancher d'un peu plus de 50m² a été créé ainsi qu'une cloison d'un peu plus de 25m² a été construite pour isoler la colonie du reste du bâtiment utilisé par le propriétaire pour stocker des matériaux.

D'un coût de 1500 €, ce chantier a été réalisé grâce à 6 bénévoles encadrés par un professionnel durant 2 jours. Il a été financé par Deux-Sèvres Nature Environnement à hauteur d'un tiers, par Poitou-Charentes Nature à hauteur d'un tiers et par le propriétaire lui-même pour le dernier tiers.

Les photos ci-dessous illustrent cet aménagement.



Figure 106 : Création d'un aménagement pour préserver la colonie de Xaintray (79).

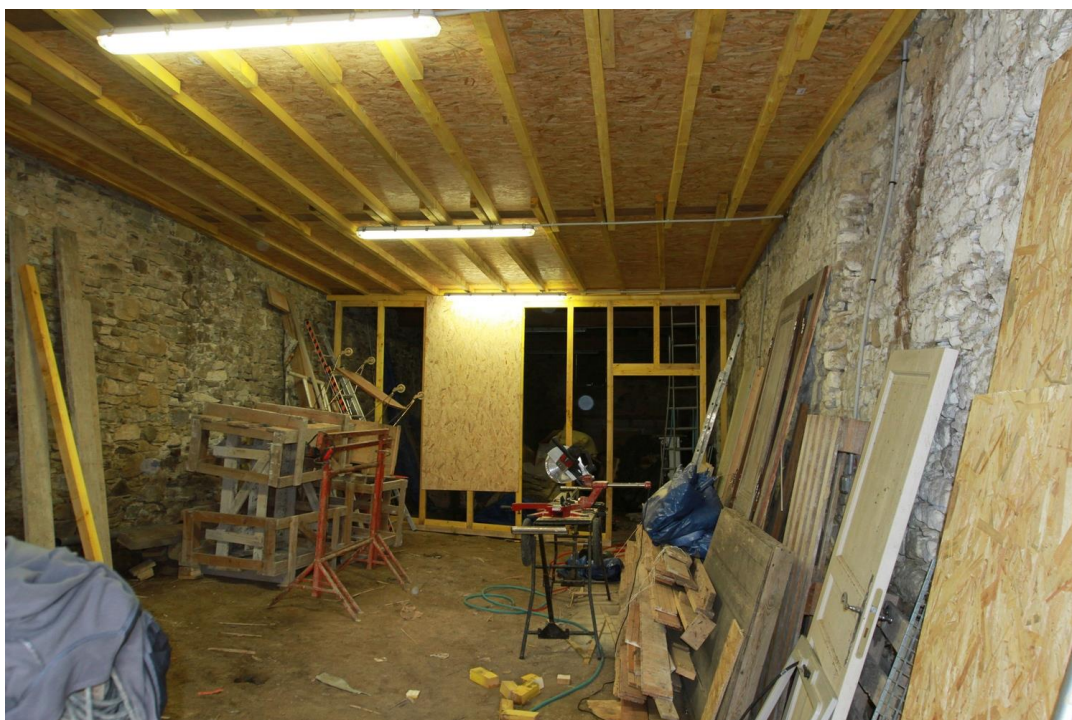


Figure 107 : Création d'un aménagement pour préserver la colonie de Xaintray (79).

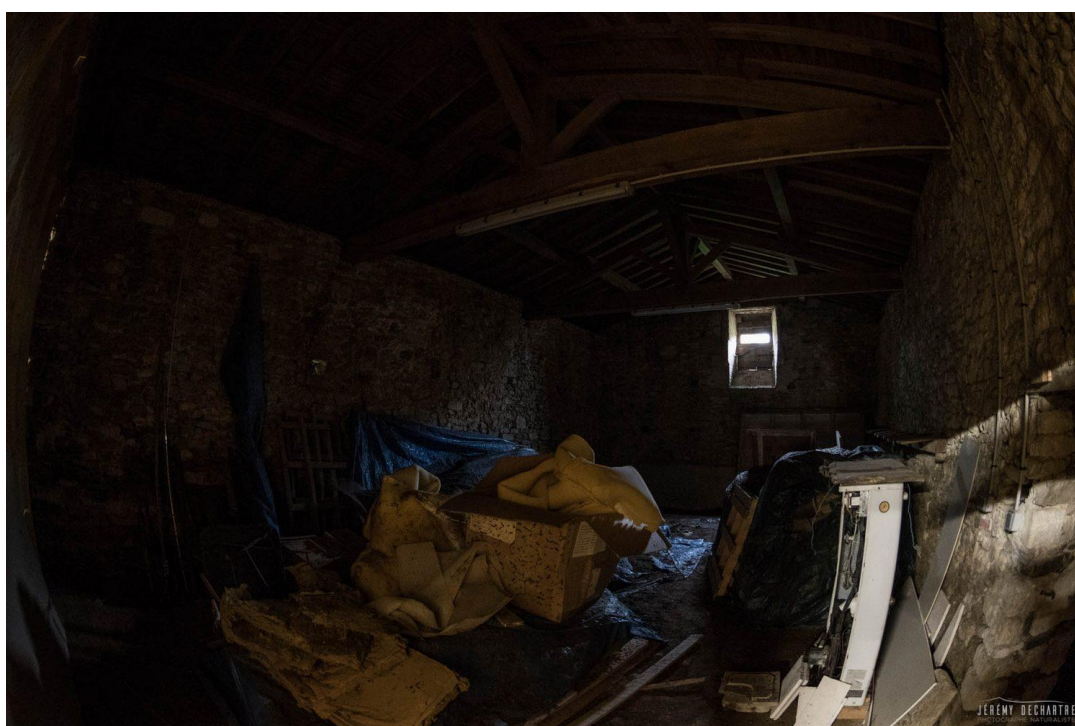


Figure 108 : Création d'un aménagement pour préserver la colonie de Xaintray (79).

5.1.4. Communication

Au cours de l'année 2018 et début 2019, différentes présentations de ce projet ont été réalisées :

- Présentations de David Pinaud et Orianne Tournayre au colloque de la Société Française d'Ecologie et d'Evolution à Rennes :



Modelling landscape connectivity at local and regional scales using an empirical quantification of resistance: an application for the conservation of the greater horseshoe bat



David Pinaud ^{1*} Maxime Leuchtmann ² Jean-Baptiste Pons ³
Fabien Claireau ^{4, 5, 6} Christian Kerbiriou ^{4, 7} Dominique Pontier ³

* pinaud@cebc.cnrs.fr



- ¹ Centre d'Etudes Biologiques de Chizé, UMR7372 CNRS/Université La Rochelle, France
- ² Nature Environnement 17, France
- ³ Labex Ecofect, LBBE-UMR CNRS 5558, Lyon University, France
- ⁴ Center for ecology and conservation sciences, UMR7204, National Museum of Natural History, France
- ⁵ Zoology Institute and Museum, University of Greifswald, Germany
- ⁶ Naturalia environnement, Site Agroparc, France
- ⁷ Biological Marine Station of Concarneau, National Museum of Natural History, France

The greater horseshoe bat (*Rhinolophus ferrumequinum*) diet :
Optimisation of arthropods DNA
identification in guano samples

orianne.tournayre@supagro.fr

Figure 109 : Présentations au colloque SFE à Rennes du 22 au 25 octobre 2018

- Présentation d'Orianne Tournayre au salon de l'écologie ECOLO'TECH à Toulouse le 8 novembre 2018 :

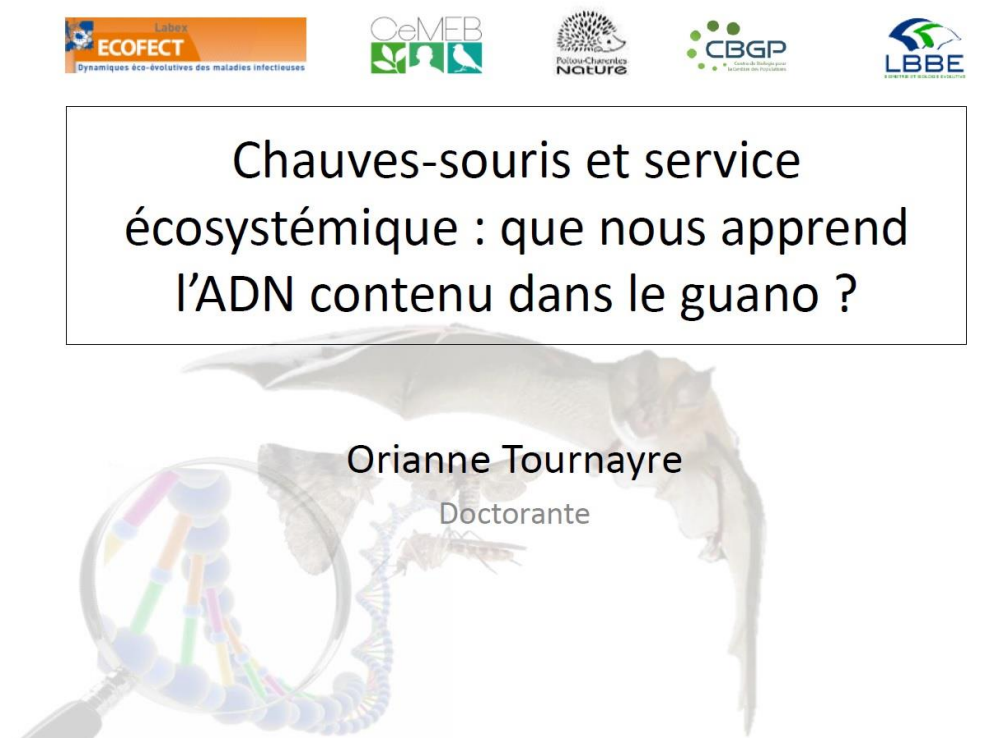


Figure 110 : Présentation au salon de l'écologie ECOLO'TECH à Toulouse le 8 novembre 2018

- Présentation au séminaire NATURA 2000 Nouvelle-Aquitaine à Ronce-les-Bains le 8 novembre 2018 :



Figure 111 : Présentation au séminaire NATURA 2000 Nouvelle-Aquitaine à ronce-les-Bains le 8 novembre 2018

- Présentation aux 2èmes Rencontres Naturalistes Régionales à Melle le 16 février 2019 :

Rencontres naturalistes
2^{ème} Edition
15 et 16 février 2019

Contact
Poitou-Charentes Nature
Béatrice Puisais
05.49.88.99.23
rencontres.pcn@free.fr

POITOU-CHARENTES NATURE

Organisées en partenariat avec:

Vienne nature
Deux-Sèvres Nature Environnement
GROUPE ORNITHOLOGIQUE DEUX-SEVRES
Charente nature
NATURE ENVIRONNEMENT 17
LPO
AGIR pour la BIODIVERSITÉ

ENTRÉE GRATUITE SUR INSCRIPTION
rencontres.pcn@free.fr
05.49.88.99.23

MELLE (79)
Lycée Jacques Bujault
Terres et Paysages Sud Deux-Sèvres

Organisées par:

Soutenues financièrement par:

Avec le soutien de:

Figure 112 : Rencontres Naturalistes Régionales, Melle – le 16 février 2019

- Présentation aux étudiants de BTS Gestion et Protection de la Nature, Bacs professionnels « Gestion des Milieux Naturels et de la Faune » et « Sciences des Technologies de l'Agronomie et du Vivant » du lycée agricole Jacques Bujault à Melle le 27 avril 2019 » :

LabEx
ECOFECT
Eco-Evolutionary Dynamics of Infectious Diseases

Melle – Vendredi 27 avril 2018

Poitou-Charentes Nature

Grand Rhinolophe & Trame verte bocagère

Etude et conservation d'une des principales populations françaises

Plan National d'Actions Chiroptères 2016 - 2020

Direction régionale de l'Environnement, de l'aménagement et du logement
NOUVELLE-AQUITAINE

RÉGION Nouvelle-Aquitaine

l'Europe s'engage en France avec le FEDER

Maxime LEUCHTMANN, Jérémy DECHARTRE

Figure 113 : Présentation aux BTS GPN, Bac Pro GMNF et STAV du lycée agricole de Melle le 27 avril 2019.

- Présentation au séminaire des Plans Nationaux d'Actions en faveur des espèces menacées en Nouvelle-Aquitaine le 14 mars 2019 :



Figure 114 : Séminaire des PNA en Nouvelle-Aquitaine le 14 mars 2019

5.1.5. Publications

Concernant la méthode utilisée pour les analyses génétiques et du régime alimentaire, un article a été publié et une de nos photos acceptée pour la couverture du numéro de cette revue (Molecular Ecology Resources) :

- Galan M., Pons J.-B., Tournayre O., Pierre E., Leuchtmann M., Pontier D. & Charbonnel N. (2018). Metabarcoding for the parallel identification of several hundred predators and their preys: application to bat species diet analysis. *Molecular Ecology Resources* : 1-16).

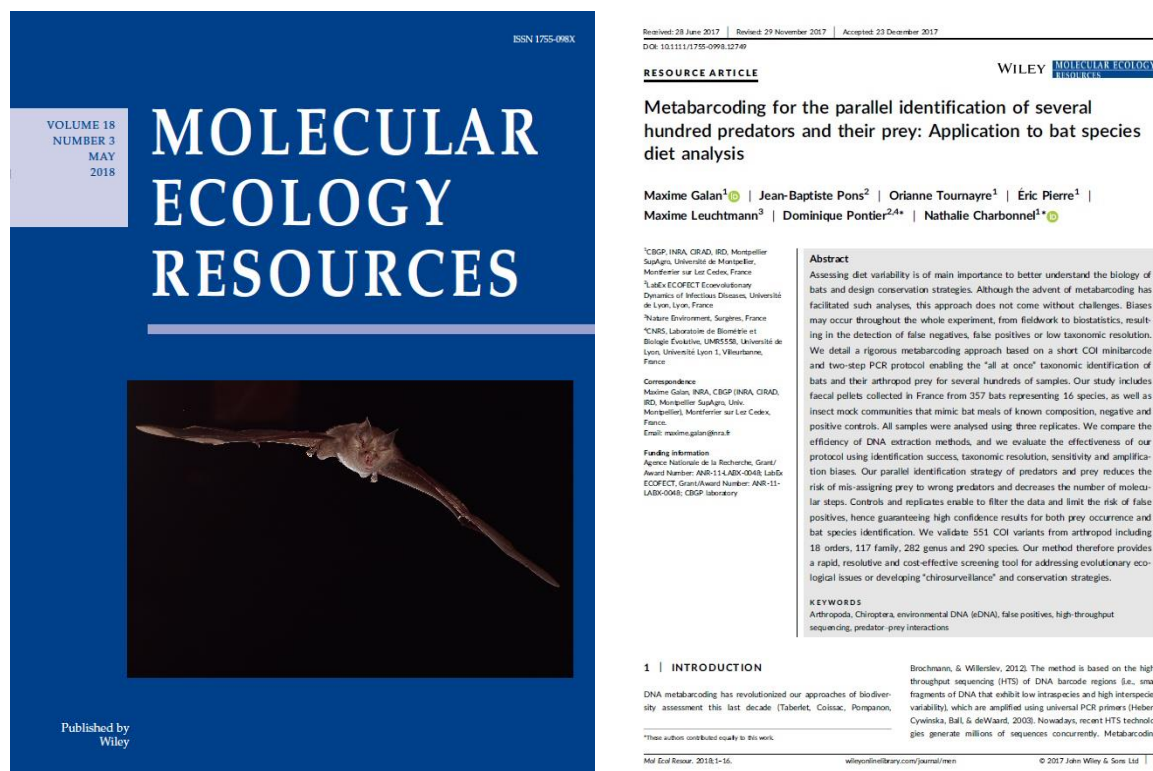


Figure 115 : Couverture de la revue « Molecular Ecology Resources » - Vol.18, n°3 – Mai 2018

Concernant les travaux de connectivité, un article scientifique a été publié dans Journal of Applied Ecology :

- Pinaud, D., Claireau, F., Leuchtmann, M., & Kerbiriou, C. (2018). Modelling landscape connectivity for greater horseshoe bat using an empirical quantification of resistance. *Journal of Applied Ecology*, vol. 55, no 6, p. 2600-2611.

Received: 24 November 2017 | Accepted: 26 May 2018

DOI: 10.1111/1365-2664.13228

RESEARCH ARTICLE

Journal of Applied Ecology



Modelling landscape connectivity for greater horseshoe bat using an empirical quantification of resistance

David Pinaud¹ | Fabien Claireau^{2,3,4} | Maxime Leuchtmann⁵ |
Christian Kerbiriou^{2,6}

¹Centre d'Etudes Biologiques de Chizé, UMR7372 CNRS, Université La Rochelle, Villiers-en-Bois, France; ²Center for Ecology and Conservation Sciences, UMR7204 MNHN-CNRS-UPMC-Sorbonne Université, National Museum of Natural History, Paris, France; ³Zoology Institute and Museum, University of Greifswald, Greifswald, Germany; ⁴Naturalia Environnement, Avignon, France; ⁵Nature Environnement 17, Surgères, France and ⁶Biological Marine Station, National Museum of Natural History, Concarneau, France

Correspondence

David Pinaud, Centre d'Etudes Biologiques de Chizé, UMR7372 CNRS/Université La Rochelle, 405 route de Prissé-la-Charrière, 79360 Villiers-en-Bois, France.
Email: pinaud@cebc.cnrs.fr

Funding information

"LISEA biodiversité" Foundation; Agence Nationale de la Recherche; "Contrat-Plan Etat-Région 2015-2020, Région Poitou-Charentes" ECONAT program; Naturalia Environnement; Agence National de la Recherche et de la Technologie

Handling Editor: Matthew Striebig

Abstract

1. Habitat fragmentation and isolation as a result of human activities have been recognized as great threats to population viability. Evaluating landscape connectivity in order to identify and protect linkages has therefore become a key challenge in applied ecology and conservation.
2. One useful approach to evaluate connectivity is least-cost path (LCP) analysis. However, several studies have highlighted importance of parameterization with empirical, biologically relevant proxies of factors affecting movements as well as the need to validate the LCP model with an independent dataset.
3. We used LCP analysis incorporating quantitative, empirical data about behaviour of the greater horseshoe bat *Rhinolophus ferrumequinum* to build up a model of functional connectivity in relation to landscape connecting features. We then validated the accumulated costs surface from the LCP model with two independent datasets; one at an individual level with radiotracking data and one at a population level with acoustic data.
4. When defining resistance, we found that the probability of bat presence in a hedgerow is higher when the distance between hedgerows is below 38 m, and decrease rapidly when gaps are larger than 50 m. The LCP model was validated by both datasets: the independent acoustic data showed that the probability of bat presence was significantly higher in areas with lower accumulated costs, and the radiotracking data showed that foraging was more likely in areas where accumulated costs were significantly lower.
5. *Synthesis and applications.* Through our modelling approach, we recommend a maximum of 38 m (and no more than 50 m) between connecting features around colonies of greater horseshoe bats. Our quantitative study highlights the value of this framework for conservation: results are directly applicable in the field and the framework can be applied to other species sensitive to habitat loss, including other bats. Provided that it is parameterized with empirical, biologically relevant

Figure 116 : Séminaire des PNA en Nouvelle-Aquitaine le 14 mars 2019

Concernant les travaux de recherche en épidémiologie, un article scientifique a été publié dans *Journal of Virology* :

- Jacquet S., Pons J.-B., De Bernardo A., Ngoubangoye B., Cosset F.-L., Régis C., Etienne L., Pontier D. (2018). *Evolution of Hepatitis B Virus Receptor NTCP Reveals Differential Pathogenicities and Species Specificities of Hepadnaviruses in Primates, Rodents, and Bats*. *Journal of Virology*, vol. 93, Issue 5, e01738-18.



AMERICAN
SOCIETY FOR
MICROBIOLOGY

Journal of
Virology[®]

GENETIC DIVERSITY AND EVOLUTION



Evolution of Hepatitis B Virus Receptor NTCP Reveals Differential Pathogenicities and Species Specificities of Hepadnaviruses in Primates, Rodents, and Bats

Stéphanie Jacquet,^{a,b} Jean-Baptiste Pons,^c Ariel De Bernardo,^b Barthélémy Ngoubangoye,^d François-Loïc Cosset,^b Corinne Régis,^a Lucie Etienne,^b Dominique Pontier^a

^aUniversité Lyon 1, CNRS, Laboratoire de Biométrie et Biologie Evolutive UMR 5558, Villeurbanne, France
^bCRI-International Center for Infectology Research, Inserm U1111, Université Claude Bernard Lyon 1, CNRS UMR5308, Ecole Normale Supérieure de Lyon, Université Lyon, Lyon, France
^cLabex ANR ECOFECT, Université de Lyon, Lyon, France
^dInternational Center of Medical Research of Franceville, Primate Centre, Franceville, Gabon

ABSTRACT Human hepatitis B virus (HBV) is a global health problem, affecting more than 250 million people worldwide. HBV-like viruses, named orthohepadnaviruses, also naturally infect nonhuman primates, rodents, and bats, but their pathogenicity and evolutionary history are unclear. Here, we determined the evolutionary history of the HBV receptors NTCP and GPCs over millions of years of primate, rodent, and bat evolution. We use this as a proxy to understand the pathogenicity of orthohepadnaviruses in mammalian hosts and to determine the implications for species specificity. We found that NTCP, but not GPCs, has evolved under positive selection in primates (27 species), rodents (18 species), and bats (21 species) although at distinct residues. Notably, the positively selected codons map to the HBV-binding sites in primate NTCP, suggesting past genetic "arms races" with pathogenic orthohepadnaviruses. In rodents, the positively selected codons fall outside and within the presumed HBV-binding sites, which may contribute to the restricted circulation of rodent orthohepadnaviruses. In contrast, the presumed HBV-binding motifs in bat NTCP are conserved, and none of the positively selected codons map to this region. This suggests that orthohepadnaviruses may bind to different surfaces in bat NTCP. Alternatively, the patterns may reflect adaptive changes associated with metabolism rather than pathogens. Overall, our findings further point to NTCP as a naturally occurring genetic barrier for cross-species transmissions in primates, which may contribute to the narrow host range of HBV. In contrast, this constraint seems less important in bats, which may correspond to greater orthohepadnavirus circulation and diversity.

IMPORTANCE Chronic infection with hepatitis B virus (HBV) is a major cause of liver disease and cancer in humans. Mammalian HBV-like viruses are also found in nonhuman primates, rodents, and bats. As for most viruses, HBV requires a successful interaction with a host receptor for replication. Cellular receptors are thus key determinants of host susceptibility as well as specificity. One hallmark of pathogenic virus-host relationships is the reciprocal evolution of host receptor and viral envelope proteins, as a result of their antagonistic interaction over time. The dynamics of these so-called "evolutionary arms races" can leave signatures of adaptive selection, which in turn reveal the evolutionary history of the virus-host interaction as well as viral pathogenicity and the genetic determinants of species specificity. Here, we show how HBV-like viruses have shaped the evolutionary history of their mammalian host receptor, as a result of their ancient pathogenicity, and decipher the genetic determinants of cross-species transmissions.

Citation Jacquet S, Pons J-B, De Bernardo A, Ngoubangoye B, Cosset F-L, Régis C, Etienne L, Pontier D. 2019. Evolution of hepatitis B virus receptor NTCP reveals differential pathogenicities and species specificities of hepadnaviruses in primates, rodents, and bats. *J Virol* 93:e01738-18. <https://doi.org/10.1128/JVI.01738-18>.

Editor J.-H. James Ou, University of Southern California

Copyright © 2019 American Society for Microbiology. All Rights Reserved.

Address correspondence to Lucie Etienne, lucie.etienne@ens-lyon.fr, or Dominique Pontier, dominique.pontier@univ-lyon1.fr.

L.E. and D.P. are co-senior authors and contributed equally to this work.

Received 3 October 2018
Accepted 16 November 2018
Accepted manuscript posted online 12 December 2018
Published 19 February 2019

March 2019 Volume 93 Issue 5 e01738-18
Journal of Virology
jvi.asm.org 1

Downloaded from <http://jvi.asm.org/> on March 3, 2019 by guest

Figure 117 : Séminaire des PNA en Nouvelle-Aquitaine le 14 mars 2019

Plusieurs articles de vulgarisation dans des revues naturalistes ont également été publiés.

- Tournayre O., 2018. « Qui mange quoi ? Zoom sur l'ADN des chauves-souris et de leurs proies contenues dans le guano ». Plume de Naturalistes, n°2 – 2018. p.61 à 76.

Qui mange quoi ?

Zoom sur l'ADN des chauves-souris et de leurs proies contenues dans le guano

Par **Orianne Tournayre**
(orianne.tournayre@supagro.fr)



Grand rhinolophe © Maxime LEUCHTMANN

Cet article est extrait d'une publication réalisée dans le cadre du programme ECO-FECT (Ecoevolutionary Dynamics of Infectious Diseases; Université de Lyon, France): GALAN, M., PONS, J.-B., TOURNAYRE, O., PIERRE, É., LEUCHTMANN, M., PONTIER, D., CHARBONNEL, N. 2018. Metabarcoding for the parallel identification of several hundred predators and their prey: Application to bat species diet analysis. *Molecular Ecology Resources* 18: 474-489. <https://doi.org/10.1111/1755-0998.12749>

Résumé

Le régime alimentaire peut être directement impliqué dans le déclin des espèces car la qualité et la quantité de proies sont des paramètres primordiaux pour la survie et la reproduction des individus. En effet, si les proies sont contaminées par des substances toxiques ou si leur abondance diminue, les populations de prédateurs seront menacées. Connaître le régime alimentaire des chiroptères est donc essentiel pour améliorer leur conservation. Dans cette étude, nous décrivons une méthode d'analyse du régime alimentaire des chauves-souris insectivores basée sur le metabarcoding, c'est-à-dire l'identification sans a priori des espèces présentes dans un échantillon, à partir

61 | Plume de Naturalistes
n°2 - 2018

Figure 118 : Article paru dans « Plume de Naturalistes », n°2 – 2018.

- Pinaud D., Claireau F., Leuchtmann M., Kerbiriou C., 2018. « Comment modéliser les connectivités écologiques pour les chauves-souris – Une étude à application directe sur le terrain, pour identifier, protéger et restaurer les corridors autour des colonies » Plume de Naturalistes, n°2 – 2018. p.125 à 130.

Comment modéliser les connectivités écologiques pour les chauves-souris ?

Une étude à application directe sur le terrain, pour identifier, protéger ou restaurer les corridors autour des colonies.

Par

David PINAUD (david.pinaud@cebc.cnrs.fr)
Fabien CLAIREAU
Maxime LEUCHTMANN
Christian KERBIRIOU



© Jean-Étienne POINS

Résumé

1. La fragmentation des habitats et l'isolation résultant des activités humaines ont été reconnues comme une grande menace pour les populations. Évaluer la connectivité paysagère pour identifier et protéger les corridors devient alors un défi crucial en écologie appliquée et en conservation.
2. La modélisation par les Chemins de Moindre Coût (LCP) est une approche très utilisée pour évaluer la connectivité. Cependant, plusieurs études ont pointé l'importance du choix des paramètres affectant les mouvements (qui doivent correspondre à une réalité biologique mesurée sur le terrain), ainsi que le besoin de valider le modèle de connectivité avec un jeu de données indépendant.
3. Nous proposons ici un modèle de connectivité fonctionnelle pour le Grand Rhinolophe *Rhinolophus ferrumequinum*. Une analyse par LCP est paramétrée avec des données empiriques et quantitatives en lien avec le déplacement des rhinolophes près des éléments fixes du

125

Plume de Naturalistes
 n°2 - 2018

Figure 119 : Séminaire des PNA en Nouvelle-Aquitaine le 14 mars 2019

- Leuchtman M., 2018. « Grand rhinolophe et trame verte bocagère : étude des facteurs environnementaux influant sur la dynamique de la population ». La Barbastelle, n°44 – novembre 2018), p.27 à 31.

• Grand Rhinolophe et trame verte bocagère : étude des facteurs environnementaux influant sur la dynamique de la population

➤ Un projet d'ampleur porté par le Groupe Chiroptères de Poitou-Charentes

Par Maxime LEUCHTMANN



Le Grand Rhinolophe (*Rhinolophus ferrumequinum*) est une des espèces anthropophiles les plus menacées mais aussi une des plus étudiées dans le monde (Flanders & Jones, 2009). Présent à travers tout le paléarctique, de l'Atlantique au Pacifique, et bien que classé par l'UICN dans la catégorie « Préoccupation mineure » au niveau mondial (UICN, 2008), ses populations sont en déclin prononcé dans de nombreux pays (Arthur & Lemaire, 2009). Les effectifs de cette espèce en France se sont dramatiquement réduits au cours du XX^e siècle, surtout au nord, mais aussi dans le centre de la France (Godineau & Pain, 2007), atteignant même le seuil d'extinction en Alsace. En revanche, l'ouest de la France (Bretagne, Pays-de-la-Loire, Poitou-Charentes, Centre, Aquitaine) regroupe 46 % des effectifs hivernaux et 37 % des effectifs estivaux (Coordination Chiroptères Nationale SFEPM - VINCENT S. (Coord.), 2014).

L'ex région Poitou-Charentes accueille la 4^{ème} population hibernante de Grand Rhinolophe (*Rhinolophus ferrumequinum*) en France avec environ 7 000 individus, et la 10^{ème} population estivale avec environ 2 500 individus (Coordination Chiroptères Nationale SFEPM - VINCENT S. (Coord.), 2014), elle porte ainsi une responsabilité particulière quant à la conservation de cette espèce à l'échelle nationale.

Les tendances évolutives calculées sur la base des comptages réalisés en hiver depuis 1995 indiquent une augmentation régulière des effectifs sur la première moitié de la période considérée de plus de 40 %. L'exact inverse est constaté sur la seconde moitié de la période avec une diminution de 30 % des effectifs ces 10 dernières années (Poitou-Charentes Nature, inédit). Ce constat alarmant a conduit à classer l'espèce Vulnérable (VU) sur la liste rouge des mammifères de Poitou-Charentes (Poitou-Charentes Nature, 2016).

A ce jour, plus de 40 gîtes de parturition sont connus dans la région, principalement dans les Deux-Sèvres (31 sites). Malgré l'aspect favorable de nombreux autres secteurs géographiques sur l'ensemble des départements de l'ex Poitou-Charentes, il est difficile, à ce jour, d'expliquer le faible nombre de colonies de parturition connues en dehors des Deux-Sèvres. Ce dernier département n'abritant que peu de cavités souterraines, il apparaît donc évident que l'essentiel des effectifs qui composent les colonies de parturition de ce département hibernent dans les départements et régions limitrophes (Maine-et-Loire, Vendée, Vienne, Charente, Charente-Maritime) et peut être au-delà.

De par ses exigences écologiques, les menaces qui pèsent sur la population sont grandes (fermeture des gîtes, modifications des pratiques agricoles, utilisation massive de pesticides, infrastructures de transport, etc.).

De nombreux facteurs influent donc directement sur la reproduction, la dispersion, la survie des individus et donc sur le maintien des populations de Grand rhinolophe. Il est aujourd'hui essentiel d'améliorer nos connaissances sur les réseaux de gîtes utilisés (hivernaux comme estivaux), à l'échelle régionale et

Figure 120 : Séminaire des PNA en Nouvelle-Aquitaine le 14 mars 2019

- Pons J.-B., Leuchtman M., 2018. « Grand rhinolophe et trame verte bocagère : étude des facteurs environnementaux influant sur la dynamique de la population ». La Chiro'note, n°10 – juin 2018), p.10 à 15.



Figure 121 : Séminaire des PNA en Nouvelle-Aquitaine le 14 mars 2019

Enfin, plusieurs articles de presse ont été publiés dans la presse quotidienne régionale, ils concernent principalement des animations proposées par les différentes associations de Poitou-Charentes Nature mais également des appels pour les SOS et les Refuges (Cf. Annexes).

6. DISCUSSION & PERSPECTIVES

La 3^e et dernière phase de ce premier projet, tout comme les précédentes, a largement dépassé nos attentes et les objectifs que nous avons fixés.

Concernant les opérations de capture, l'objectif fixé était d'échantillonner 10 sites majeurs et de marquer 500 individus. Finalement, ce sont 41 sites qui ont été échantillonnés, représentant 43 opérations de capture et 1 597 Grands rhinolophes qui ont été marqués.

Le taux très important d'individus contrôlés (plus de 60 % d'une année à l'autre avec des taux de contrôles dans les colonies suivies de plus de 80 % pour les femelles adultes), l'état de santé des individus contrôlés et la fiabilité du matériel utilisé nous ont confortés dans la poursuite d'un marquage à large échelle.

Les résultats obtenus en à peine trois ans sont exceptionnels. Nous suivons avec attention l'évolution des colonies et des sites de transit et d'hibernation mais nos craintes légitimes d'impact potentiel du début du programme s'estompent.

Le marquage et l'optimisation des contrôles sont, aujourd'hui plus que jamais, les priorités pour affiner la compréhension du fonctionnement de la population.

Les analyses génétiques nous ont ainsi montré qu'il s'agissait d'une seule et même population, le marquage individuel est alors la seule technique disponible pour travailler sur les échanges entre les sites et définir des priorités d'actions.

L'analyse de l'immense jeu de données de CMR (> 220 000 données), est désormais possible et devrait être réalisé dans le cadre d'une thèse co-encadrée par Dominique Pontier (Univ. Lyon) et David Pinaud (CBEC/CNRS-ULR).

La définition des contours de la population n'en reste cependant pas moins une priorité, d'autant que les premières analyses montrent des fragilités sur les marges d'aire de répartition (Pas-de-Calais). L'absence de collaborations pour obtenir du matériel génétique dans un grand quart nord-est de la France reste un écueil qu'il nous faudrait surmonter.

Il est évident aujourd'hui, au regard des échanges et déplacements constatés, que la conservation de l'espèce doit être réfléchie, a minima, à l'échelle nationale.

La réactualisation des comptages hivernaux et estivaux nous permet aujourd'hui d'établir un constat robuste des Grands rhinolophes et Murins à oreilles échancrées présents en ex-Poitou-Charentes.

Seulement, il est aujourd'hui indispensable de mettre en commun les connaissances sur l'espèce, au moins à une échelle biogéographique cohérente pour établir la tendance évolutive réelle de la population, estimer sa taille et déterminer les actions de conservation.

Le déploiement de ce programme à la Nouvelle-Aquitaine est une première étape dans ce sens.

La poursuite des analyses de CMR croisées avec les problématiques des déplacements et d'écologie du paysage devraient nous éclairer sur les capacités de dispersion très importantes chez le Grand rhinolophe et leurs raisons. L'extension du programme au Murin à oreilles échancrées devrait également nous permettre de comparer le fonctionnement de ces 2 espèces très proches de par les sites utilisés mais à l'écologie très différente.

L'important travail réalisé ici nous permet également d'établir un bilan et certaines tendances évolutives pour d'autres espèces de chiroptères comptées en hiver en ex-Poitou-Charentes.

Les bilans établis pour le Grand murin et le Minioptère de Schreibers sont alarmants. Là encore, la conservation de ces espèces ne peut être simplement définie qu'avec la protection des sites (physique ou réglementaire), sites qui pour ces deux espèces, sont presque intégralement protégés en ex-Poitou-Charentes.

Comme pour le Grand rhinolophe, les domaines épidémiologiques et toxicologiques doivent impérativement être étudiées sur des espèces comme celles-ci et pris en compte pour comprendre le fonctionnement de leurs populations et ce à quoi elles sont soumises.

Les actions de sensibilisation et de communication se poursuivent avec un succès qui ne faiblit pas pour l'opération « Refuges pour les chauves-souris », et de nombreuses conférences et animations qui ont touché en 2018 plus de 500 personnes.

Plusieurs publications scientifiques et de vulgarisation permettent également de valoriser l'important travail réalisé.

Une collaboration avec l'IFFCAM, école de cinéma animalier de Ménigoute, a été initiée début 2018 pour la réalisation d'un film documentaire de 26 minutes pour valoriser le programme.

Le tournage est désormais achevé. Ce film devrait être finalisé à l'automne 2019 pour une présentation, nous l'espérons, aux prochaines Rencontres Nationales Chiroptères de Bourges...



Enfin, l'investissement considérable des bénévoles pour les opérations de terrain montre l'intérêt que suscite un tel projet et l'importance de celui-ci comme support à la formation.

Ceci montre également la force de nos associations de protection de l'environnement pour mobiliser et fédérer autour de projets d'étude et de conservation comme celui-là.

Les problématiques et les partenariats étant multiples, ce programme veut s'inscrire sur le long terme, indispensable pour répondre aux enjeux de conservation d'une espèce longévive comme le Grand rhinolophe et répondre ainsi aux exigences du récent Plan Régional d'Actions en faveur des Chiroptères en Nouvelle-Aquitaine qui a vu le jour fin 2018.

La poursuite de ce programme est désormais actée à l'échelle de la Nouvelle-Aquitaine, il nous reste à définir, selon les financements alloués, l'ampleur et l'ambition qu'il portera...



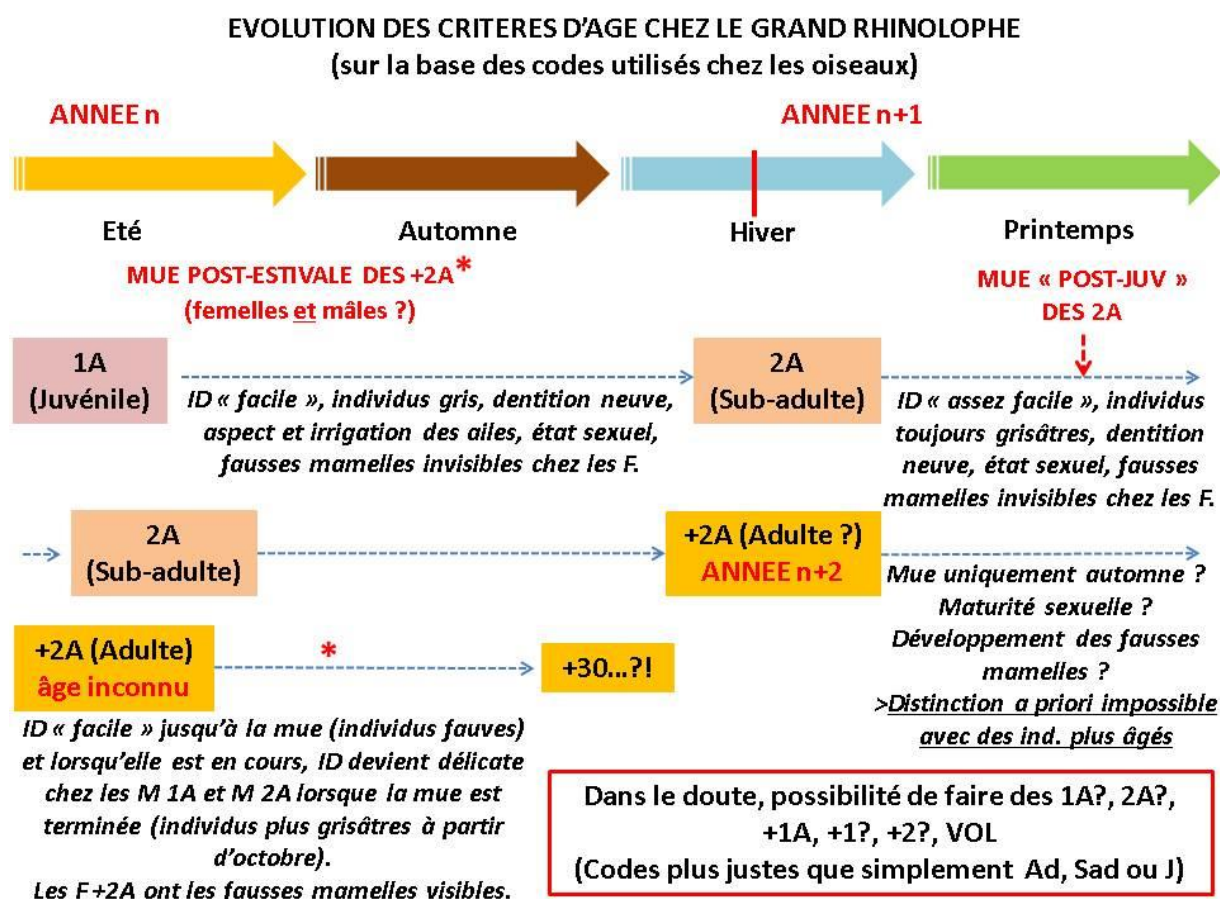
Relâcher d'un Grand rhinolophe (L-M Préau)

BIBLIOGRAPHIE

- BARATAUD M.**, 2012. « *Ecologie acoustique des chiroptères d'Europe. Identification des espèces, études de leurs habitats et comportements de chasse* ». Biotope, Mèze. Muséum national d'histoire naturelle, Paris (collection Inventaires et biodiversité), 344 p.
- BENSETTITI F., GAUDILLAT V.**, 2002. « *Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire* ». Tome 7. Espèces animales. Cahiers d'habitats Natura 2000. La Documentation française, Paris, 353 p.
- FLANDERS J. & JONES G.**, 2009. « *Roost use, ranging behavior, and diet of greater horseshoe bats (*Rhinolophus ferrumequinum*) using a transitional roost* ». Journal of Mammalogy, **90** (4): 888-896.
- GALAN M., PONS J.-B., TOURNAYRE O., PIERRE E., LEUCHTMANN M., PONTIER D. & CHARBONNEL N.**, 2018. « *Metabarcoding for the parallel identification of several hundred predators and their preys: application to bat species diet analysis* ». Molecular Ecology Resources : 1-16.
- GREMILLET X.**, 1999. « *Le Grand rhinolophe *Rhinolophus ferrumequinum* (Schreiber, 1774). In : Roué S.Y., Barataud M. (1999). Habitat et activité de chasse des chiroptères menacés en Europe : synthèse des connaissances actuelles en vue d'une gestion conservatrice* ». Le Rhinolophe vol. spec. 2 : 18-43.
- JACQUET S., PONS J.-B., DE BERNARDO A., NGOUBANGOYE B., COSSET F.-L., REGIS C., ETIENNE L., PONTIER D.**, 2018. *Evolution of Hepatitis B Virus Receptor NTCP Reveals Differential Pathogenicities and Species Specificities of Hepadnaviruses in Primates, Rodents, and Bats. Journal of Virology*, vol. 93, Issue 5, e01738-18.
- PINAUD D., CLAIREAU F., LEUCHTMANN M., KERBIRIOU C.**, 2018. « *Modelling landscape connectivity for greater horseshoe bat (*Rhinolophus ferrumequinum*) using an empirical quantification of resistance* ». Journal of Applied Ecology, vol. 55, no 6, p. 2600-2611.
- PINAUD D., CLAIREAU F., LEUCHTMANN M., KERBIRIOU C.**, 2018. « *Comment modéliser les connectivités écologiques pour les chauves-souris – Une étude à application directe sur le terrain, pour identifier, protéger et restaurer les corridors autour des colonies* » Plume de Naturalistes, n°2 – 2018. p.125 à 130.
- POITOU-CHARENTES NATURE, LPO France (coord.) (2016).** « *Labellisation d'une liste rouge régionale UICN : Mammifères de Poitou-Charentes note de présentation de la méthodologie et de la démarche appliquées* ». 14p.
- VINCENT, S.** (coord.) (2014). « *Chiroptères de l'annexe II de la Directive Habitats Faune Flore - Synthèse actualisée des populations en France - Bilan 2014. SFEPM* ». 2p.
- TOURNAYRE O.**, 2018. « *Qui mange quoi ? Zoom sur l'ADN des chauves-souris et de leurs proies contenues dans le guano* ». Plume de Naturalistes, n°2 - 2018, p.61 à 76.

ANNEXES

Détermination de l'âge chez le Grand rhinolophe selon les codes utilisés chez les oiseaux



environnement

la NRD du 19/08/18 8417

Chauve-souris : des légendes à la réalité

Animateur nature et canoë-kayak à l'association Détour dans l'eau, Guillaume Biton organise des sorties chauves-souris à partir de la base de plein air à Argenton-sur-Creuse. Une quinzaine de personnes ont ainsi participé récemment à une découverte en salle avant de partir vers le lavoir et le pont près du château où vit une colonie de petits rhinolophes. Elles ont pu écouter les cris, autrement inaudibles, des chauves-souris avec un détecteur d'ultrasons.

Des légendes à la réalité, ces mammifères inoffensifs sont encore victimes d'accusations injustes. Elles ne rongent pas les câbles ni les isolations dans les greniers, ne sont pas prolifiques (une naissance chaque été), leur guano ne transmet



L'aile de la chauve-souris est une main qui s'est transformée et dont les longs doigts sous-tendent une membrane de peau souple et élastique.

aucune maladie en Europe et elles ne s'accrochent pas dans les cheveux. 35 espèces de

chauve-souris vivent en France et se répartissent en quatre familles : les rhinolophidés avec un nez en forme de fer à cheval, les molossidés dont le museau évoque celui d'un chien, les minioptéridés au front bombé et les vespertilionidés dont le faciès ressemble à celui d'une souris. Elles consomment en une nuit la moitié de leur poids en insectes variés.

En France, toutes les chauves-souris sont protégées. Il est strictement interdit de les détruire, de les transporter ou de les commercialiser. Les dérangements durant l'hiver, la disparition de leurs gîtes de mise bas, l'utilisation mal maîtrisée des pesticides, s'additionnant à un faible taux de renouvellement des populations sont autant de facteurs qui compromettent leur survie.

melle

environnement

Un chantier pour l'hiver des chiroptères

la NRD du 3-1/08/18 8457

Après la construction d'un refuge l'an passé, le nouveau chantier international s'emploie à aménager des cavités pour l'hibernation des chauves-souris.

La « Parcelle Bailly » désormais nommée « Pré des demoiselles » est une nouvelle fois au centre du chantier international de jeunes accueilli depuis la semaine dernière par la Ville, sous les couleurs de l'association Solidarités Jeunesse. Ils sont sept à s'affairer chaque matin dans cette zone entièrement dédiée à la biodiversité et où les chauves-souris sont nombreuses. « Nous aménageons cette année des cavités qui faisaient autrefois partie des mines d'argent, explique Pierre Jozelon, jardinier animateur à la Ville. Nous ciblons particulièrement deux espèces, le grand et le petit rhinolophe qui représentent un enjeu majeur sur Melle ».

Des accès aux caves bouchés

A la fois protégées au niveau européen et particulièrement en danger. Leur présence repérée sur cette zone mérite donc qu'on s'y attarde. « Les dangers sont multiples pour elles, les voitures, les pales d'éoliennes au moment de la migration mais plus simplement les accès aux caves qui sont de plus en plus souvent bouchés ». Pour favoriser leur présence, il leur faut une zone de repro-



La vie du groupe s'articule entre le chantier le matin et les découvertes l'après-midi.

duction, une zone de nourrissage et une zone pour ne pas être dérangée au moment de l'hibernation. « Le Pré des demoiselles offre deux de ces critères, notamment pour qu'elles se nourrissent avant et après l'hibernation ». Le cabanon construit l'an passé monte en température, indispensable pour les petites, la cavité quant à elle doit permettre des températures basses et surtout une tranquillité.

« Nous avons trouvé des salles intéressantes dans les cavités mais remplies de pierre suite à l'exploitation. Nous les dégagons une à une, c'est un travail très physique cette année ». Ils viennent d'Espagne, du Mexique et du Japon pour partici-

per bénévolement à ce chantier participatif qui est aussi un apprentissage de la vie en collectivité. La municipalité leur met à disposition le gîte d'étape. Charge à eux d'assurer à tour de rôle les tâches ménagères et les repas. Parmi eux, un Niortais, venu en voisin, Augustin. « J'ai découvert l'an passé le travail en faveur des chauves-souris, j'ai eu envie de continuer. C'est intéressant aussi de rencontrer et de vivre avec des personnes étrangères ». Chaque matin de 9 h à 13 h ils se retrouvent dans les cavités, les après-midi sont occupées à des balades touristiques. Niort, La Rochelle et bien évidemment Melle. L'idée est aussi qu'ils puissent

participer à la vie locale. Ils aident d'ailleurs à l'installation des Nuits de Saint-Hilaire. A noter, deux rendez-vous pour aller à la rencontre de ce groupe. Vendredi 7 septembre sous les halles pendant le marché hebdomadaire où ils proposeront des spécialités de leurs pays. Enfin, lundi 10 septembre, portes ouvertes sur le chantier à partir de 17 h 30 pour voir le travail accompli. La soirée se terminera par un repas à la mode « auberge espagnole ».

Chantier international de jeunes. Portes ouvertes lundi 10 septembre à 17 h 30, pré des Demoiselles, dans le secteur de Loubeau.

BIO-DIVERSITÉ

Vous saurez tout sur les sauterelles



Vienne Nature organise une sortie dédiée à la découverte des criquets et des sauterelles, ce samedi, à 14h. Retrouvez en enfance le temps d'un après-midi de chasse au filet pour attraper ces petites bestioles de la famille des orthoptères. Vous pourrez poser toutes vos questions à un spécialiste. Cette rencontre inédite sera également l'occasion d'aborder avec le public un sujet terriblement d'actualité : la régression des populations d'insectes. Le rendez-vous est fixé sur la place du bourg de Chaunay, dans le Sud-Vienne. L'animation est gratuite.

Inscription obligatoire sur vienne-nature.fr ou au 05 49 83 99 04.

INNOVATION

Un temps d'échange au NOVAQ 2018

Ces jeudi 13 et vendredi 14 septembre, à la Maison de la Région, l'Université de Poitiers participera au festival de l'innovation NOVAQ 2018 organisé par la Région Nouvelle-Aquitaine. Parmi ces deux journées d'échanges et de découvertes, un temps fort sera notamment dédié à l'environnement, le vendredi de 14h à 15h, sur le thème « Développer de nouveaux procédés pour une chimie respectueuse de l'environnement ». L'Institut de chimie des milieux et matériaux de Poitiers, la société Solvay et l'Eco-efficient products and process Laboratory de Shanghai y présenteront leurs travaux de recherche et un état des lieux de leur partenariat. Entrée libre. Programme complet sur novaq.fr et univ-poitiers.fr

La dure vie des chauves-souris

Il ne fait pas bon être une chauve-souris à l'heure actuelle. Leur nombre ne cesse de diminuer, comme les oiseaux et les insectes. Organisatrice de la Nuit des chauves-souris, fin août, Alice Chéron, experte en chiroptères pour Vienne Nature, nous aide à comprendre leur rôle crucial.

Romain Mudrak

Les chauves-souris sont en danger d'extinction.

VRAI. Comme les insectes, les chauves-souris ont vu leur population chuter ces dernières années. C'est d'ailleurs lié, évidemment. Leurs terrains de chasse se réduisent à cause de l'urbanisation galopante et leur casse-croûte favori disparaît à cause de l'arrachage des haies et de l'usage de produits phytosanitaires. Sans oublier la destruction de leurs gîtes naturels. Entre 2005 et 2015, la population de Grand rhinolophe a ainsi chuté de 30%.

Les chauves-souris se reproduisent aussi vite que des souris.

FAUX. C'est souvent pour éviter d'être envahi de chauves-souris qu'on préfère détruire un essaim dans sa vieille grange. Or, la reproduction de ces mammifères est très lente. Les femelles ont un petit par an et ils ne survivent pas tous. Avant de chasser les chauves-souris de chez soi, il faut savoir que ce sont des voisines plutôt silencieuses l'hiver puisqu'elles hibernent. Elles ne



Les sérotines communes virevoltent souvent l'été dans les rues des villes.

resteront d'ailleurs pas forcément toute l'année au même endroit. Et puis, on sait désormais que le guano (déjections) ne provoque pas de maladie, ni de champignon. C'est même un très bon engrais.

Les chauves-souris nous préservent des invasions de mouches et de moustiques

VRAI. En matière de biodiversité, tous les animaux sont importants. Mais les chauves-souris font partie des « clés de voûte ». Elles évitent la prolifération des mouches et des moustiques notamment. En avoir près de chez soi est donc gage de bonnes nuits.

Les chauves-souris adorent la lumière des lampadaires

FAUX. Les chauves-souris que vous voyez le plus souvent en ville sont les pipistrelles et les sérotines (plus grosses) communes. Comme toutes leurs congénères, elles détestent la lumière des lampadaires,

mais surmontent parfois leurs angoisses pour attraper et se nourrir des insectes qui volent autour des réverbères, attirés par la lumière. En revanche, si elles disposent d'un terrain de chasse plus propice, ces petites bêtes opteront toujours pour l'obscurité, où elles se déplacent facilement grâce à leur sonar.

Inspection obligatoire

Des collectivités comme Grand Poitiers sollicitent systématiquement les experts de Vienne Nature lorsqu'elles envisagent la rénovation d'un vieux bâtiment. Le château de Beauvoir ou, plus récemment, le pont Joubert ont ainsi été inspectés pour protéger les colonies de chauves-souris qui auraient pu y trouver refuge. Quand c'est le cas, des aménagements sont intégrés au projet.

Fête des plantes
Dimanche 9 septembre
JARDINS EUROPÉENS
et festin d'herbes
SALLES DE VILLEFAGNAN
10h-18h
www.lesjardins europeens.fr
Végétaux, artisans, métiers de bouches, plancha, salades et salon de thé
3e 1 billet de tombola offert

La solution **encre service**
Professionnels et particuliers
Ne jetez plus vos cartouches mais les rechargez.
jusqu'à 70% d'économie
Du lundi au Vendredi de 10h à 18h30 sans interruption
-20% pour les particuliers sur installation et service
Impressionnez sans vous ruiner.
77 bis av. de Paris - POITIERS
05 49 440 423
www.encre-service.com

DEUX-SÈVRES

Ils décodent les secrets de la vie animale

Pour mener ses études, le CNRS s'appuie sur l'expertise d'ingénieurs de recherche chargés de faire parler les données.



CNRS de Chizé, 11 janvier. Akiko Kato aime décoder les données collectées dans des concerts de technologie car elles révèlent « les facettes cachées de la vie animale ».

Julien HENON
julien.henon@univ-lyon1.fr

Ils se débattent : chercheurs d'argent, ils le pourraient, ils le trouvent en millions. Pour sommets et débâcles aussi. Ils est vrai. Mais les données collectées aux quatre coins du globe par le Centre d'études et biogéochimie de l'Univ. constituent bien un trésor pour les scientifiques du Sud-Ouest-États.

Une mine d'informations à que ces derniers doivent creuser : bio-logiques, les possibilités d'arrêter les polluants, les pathogènes, les métaux et autres. Les données, les données et les analyses afin de mieux appréhender leur comportement, ainsi que les paramètres de leur environnement naturel », déclarait David Pinard et Akiko Kato, du service « statistiques et analyses spatiales ».

À la faveur des progrès technologiques et de la course à la miniaturisation, on espère que dans 10 à 20 ans, ces traqueurs, dans le polder

dolphins exister 5 y de cabal de fluminal, sont d'evens des outils inconnus bleus pour améliorer l'état des communautés et fixer l'uranide des études menées par les équipes Agropop. Kopytskyi (évolue) et surtout l'Prédiction marine.

“ Le développement de l'internet des objets va ouvrir une ère nouvelle »
DAVID PINAUD ET AKIKO KATO,
Ingénieurs de recherche.

Bien souvent détournés de leur usage initial (téléphones portables, montres connectées, podomètres, cardiofréquencemètres...), ces équipements couvrent le champ des possibilités comme le suggèrent les deux ingénieurs de recherche. « Les puces GPS ou balises Argos nous permettent sur la localisation et les déplacements. Les accéléromètres, eux, ont une

[illegible][illegible][illegible]

Le Grand Rhinolophe et le gramme de trop

Si des biologistes ont tendance à se nichier partout, ils ne peuvent pas encore s'attacher aux poils des Grands Rhinocéros. Dans ce cas, les chercheurs du CNRS doivent opter pour un suivi l'ancienne de ces chauves-souris très présentes dans le bocage des Deux-Sèvres.

Ils sont aussi légers qu'une plume mais ils sont en core trop lourds pour les Grands Rhinocéros. Alors qu'ils ne pèsent pas plus de « deux grammes, batière comprise », les CP les plus intimidés ne peuvent être fixés sur ces charmes-souris comme une « balle d'alarme ». « On dépasserait alors le seuil des 5 % du poids total de ce mammifère. Cela rend une trop grande prise de risque du point de vue sémantique comme du bien-être usuel », rappelle Delphine.



Faute de GPS suffisamment léger, David Pinaud et les associations doivent s'en remettre au radiotracking grâce à une antenne directionnelle.

« Emetteurs VHF »
En attendant « la maturité technologique », les chercheurs du CNRS n'ont au jourd'hui pas d'autre choix que de s'en remettre au « radiotélémétrie » pour suivre les déplacements de cette espèce, dont 75 % des effectifs pécho-chiroptériens se trouvent dans

le bocage d'aux-saviers. Boussolle et carte dans la poche, le nomade d'Irrothann s'élance dans le maquis et récepteur dans l'autre, David Pinard et plusieurs membres de Pottou-Charvins Nature ont lui-même une étude en juillet août et 2007, cofinancé par la Fondation L. Léa Biodiversité. Après avoir positionné « des émet-

leurs VHF de 0,3 à 0,5 gramme » sur plusieurs chlorophores, l'équipe composée de « six à dix personnes », a pisté les individus cibles « toutes les nuits, de 22 heures à 6 heures du matin, pendant quinze jours d'affilée » pour au final, parvenir à identifier « leurs zones de chasse, et même parfois jusqu'à 22 km de la côte ».

Une mission loin d'être simple. « Ce n'est pas au bon endroit, on ne récolte aucune donnée. Compte tenu de l'obscureté et de la portée réduite de nos activités - 5 kilomètres maximum sous obstacle - la coordination et la triangulation d'antennes indispensables pour ne pas perdre les signaux », note l'animateur de recherche.

[illegible]

A SAVOIR

Quand les animaux jouent « les auxiliaires d'études »

« Des manchots, des marsouins, des albatros, des fulmars, des tortues de Galapagos, des sautons, des sepias, des bivalves, des ours blancs... » Il me fragla le goût d'un échantillon des espèces équipées bio-loggers par le CNRS. Christophe Guinet, le directeur du Centre d'études de l'océanographie, a été l'un des pionniers en la matière faisant des éléphants de mer de Kerguelen « des auxiliaires d'études » dans une région d'effluents dracoli : les Tempêtes australes et les tourbillons du large.

Avec le soutien du Centre national d'études spatiales (CNES) et de l'Institut polaire, lui et son équipe ont postifonné, dès 2003, des capteurs sur ces mammifères marins pour mieux connaître leur comportement. Ils ont aussi équipé des robots de plongée afin de collecter de précieuses données océanographiques (température, salinité, phytoplancton...) 350 mètres sous, ainsi, des épieux. « Aujourd'hui, les données sont analysées, mises à disposition du public », dit-il.

l'humain par les débris de mer », relève le Rectorat.

Associé à Christophe Garboud, co-créateur de l'association, cet est-ouest chargé de piloter le projet Sentinelle est lui aussi le Gerséni, qui vise à mesurer l'impact du réchauffement climatique en Antarctique. L'association a en salevé de huit espèces : deux oiseaux, volants (petit des neiges et mouette tridactyle), deux poissons (morue et hareng), deux mammifères (marchais Adélie, guillemot de Saint-Paul et guillemot à miroir) et deux reptiles (lézard de Weddell, éléphant de mer et protée capucine). « Révélateurs de l'état de l'écosystème, ces espèces permettent d'apprécier les bouleversements en cours. Car si les salinités peuvent nous fournir des données précieuses, les intrus sont en hausse et la chaîne trophique, sont les mailles sources d'information. »

Financé par la Fondation BNP - Paribas, ce programme, démarré en 2017, s'achève en 2022. Il sera remplacé par l'appel scientifique de l'Institut national de l'écologie.

Les chauves-souris, des indicateurs d'une nature en bonne santé



Grâce aux détecteurs à ultrasons de Guillaume Koch (à gauche) et de Yoann Prioul (à droite), les participants ont pu savoir, sans les voir véritablement quelles étaient les chauves-souris qui chassaient ce vendredi.

Vendredi 7, dans le cadre de l'animation du site Natura 2000, en partenariat avec les associations Deux-Sèvres nature environnement (DSNE), Détours dans l'eau et Les Amis du château, une soirée nocturne à la rencontre des chauves-souris a été suivie par 26 personnes, parmi lesquelles des enfants.

Yoann Prioul, chiroptérologue de DSNE, accompagné de Guillaume Koch, technicien de rivière et animateur Natura 2000 à l'Agglo 2B, ont animé cette soirée qui s'est déroulée dans le parc du château. Avant la tombée de la nuit, ils ont présenté les différentes chauves-souris. « Ce ne sont pas des oiseaux, ni des souris... Ce sont des mammifères volants qui allaitent chaque année, un seul petit. Leur régime alimentaire est très varié. En Europe toutes les espèces sont insectivores. Sous les tropiques, certaines espèces se nourrissent de fruits ou de nectar de fleur. Il existe même une espèce qui pêche des poissons ! Contraire-

ment aux idées reçues, sur environ 1 000 espèces de chauves-souris à travers le monde, seules trois, vivant en Amérique du Sud, se nourrissent de sang ! » a précisé Yoann Prioul qui a apporté d'autres éclairages sur ces mammifères dont le cycle biologique et la manière de les accueillir...

Comment les détecter ?

En France, les chauves-souris sont classées en sept familles, dont trois sont présentes en Deux-Sèvres. Pour se déplacer, et chasser dans l'obscurité, elles utilisent l'écholocation. Tel un sonar, elles émettent un signal ultrasonore, par la gueule et par les narines. Un système inaudible par l'homme mais qu'il peut capter grâce au détecteur ultrason. Grâce aux appareils que possèdent Guillaume et Yoann, les personnes présentes ont pu savoir, grâce aux sons émis, qu'elles étaient les chauves-souris qui chassaient au château : principalement des pipistrelles et des murins.

A la rencontre de la chauve-souris

L'association Bien vivre à Puy du Lac, organise une soirée thématique gratuite autour de la chauve-souris, samedi 23 juin.

Après la marche autour des plantes sauvages, puis la fête des plants en mai dernier, l'association puy-lacquoise se penche maintenant sur la faune sauvage de la commune. En partenariat avec Nature environnement 17, l'association emmènera le public à découvrir le mode de vie des chiroptères, les menaces qui pèsent sur l'animal mais aussi les actions de protection à mettre en place.

« Puy du Lac se trouve être un hot spot du marais, la présence des chauves-souris est nécessaire car elle régule les populations de moustiques », indique Alexandra Collard, secrétaire de l'association Bien vivre à Puy du Lac. Si l'espèce aux 950 races présente un peu partout dans le monde, fait l'objet de beaucoup d'attention, c'est que les spécialistes constatent son déclin dans nos campagnes.



La chauve-souris a besoin d'un habitat adapté

« L'espèce est menacée », précise encore le bénévole.

La soirée qui lui est dédiée se divisera en plusieurs temps. D'abord les participants profiteront d'ateliers pour par exemple, apprendre à confectionner des nichoirs pour chauve-souris, pour éclaircir sur sa biologie, ou encore faire découvrir

les bienfaits de l'engrais que produisent ses déjections. Des jeux de société pour adultes et enfants, une exposition scientifique et informative, une conférence sur le quotidien des chauves-souris pour rendre le nez aux idées reçues compléteront la soirée, avant le départ pour une marche nocturne. Comment repérer la chauve-souris à l'oreille de la nuit? Maxime Leachmann de Nature environnement 17, équipé d'un matériel à ultrason apportera au cours de cette balade, les explications pour reconnaître les variétés présentes sur la commune et plein d'autres informations encore.

Laetitia Langelot

■ Dès 20 heures - Gratuit - Tout public (enfant à partir de 6 ans) - Parking: décharge. Lieu de rendez-vous : 5 Puy-Chemin (le haut). Inscription obligatoire : bienvivrepuydulac@gmail.com

Chantier sur la Soie

Comité des fêtes

L'assemblée générale du Comité des Fêtes aura lieu jeudi 14 juin à 21 heures. À l'ordre du jour: approbation du compte rendu de l'année écoulée; approbation des comptes; approbation prix des cartes; election du tiers sortant; questions diverses.

Amazeay

Repas champêtre

Le club des Feux-Follets vous invite

à son repas champêtre, dimanche 1er juillet à 12h. Menu: kir; sardines grillées à volonté ou melon au pinard; rôti de porc et haricots blancs; fromage/variété; tarte aux fraises; café; vin rosé et rouge. Prix: 17€/adultes et 5€/enfants. Réservations avant le 27 juin: 06 46 33 26 67 ou 06 37 28 49 52 ou 06 79 98 14 81 ou puyduvill@orange.fr

Genoulle

Un dimanche à la campagne

Les Oiseaux de passage organisent au hameau de la Bouquetière, un

nouvel Dimanche à la campagne, dimanche 17 juin à 15 h 30, pour un concert de Camille Helm et Léo Darsels. Des danses asymétriques de Bulgarie jusqu'au Fandango Brésil, en passant par des mazurkas avec une pointe d'inspiration classique... seront au programme. Renseignements : 06 72 52 53 70

Afin de mieux vous servir, vos communications doivent nous parvenir AVANT LE MARDI 18 HEURES. Merci de votre compréhension

Les Chauves-Souris

Vivons heureuses, vivons cachées !



Les mythes ont la dent dure et les chauves-souris pâtissent souvent des idées reçues les concernant. Loin du vampire, le mammifère est un formidable indicateur d'une nature en bonne santé. Vidici a rencontré Virginie Barret qui, au sein de la LPO, sensibilise le public à la protection de ces espèces menacées.

Virginie Barret est animatrice territoriale pour la LPO. Elle met en place les actions concrètes pour la conservation des habitats des chauves-souris en Charente-Maritime. Sans vocation d'être chiroptérologue, elle s'intéresse par hasard à cet animal qui lui plaît tout de suite pour son côté mystérieux et discret.

Des espèces protégées

Les animations pour le grand public ont pour but la préservation et la communication autour de l'espèce. Leur disparition impacte l'équilibre d'un écosystème fragile que l'on se doit de respecter. Elles sont toutes protégées par la loi de 1976.

6000 moustiques par été

En Charente-Maritime on dénombre environ 25 espèces représentées. Elles vivent principalement dans les cavités, comme le grand et le petit Rhinolophe, le Murin à oreilles échancrées ou le Minioptère de Schreibers. En milieu urbain, on trouve plutôt la Pipistrelle commune ou la Sérotine. Elles sont non seulement inoffensives, mais surtout très utiles : les plus voraces mangent 6000 moustiques par été.

Disparition des habitats

Lors de rénovation de granges ou de maisons, le rebouchage de fissures ou la fermeture d'un accès les prive de nombreux gîtes. Dans le bâti public les dispositions anti-pigeons se révèlent nocives pour les chauves-souris. Le traitement des charpentes est source de pollution.

L'usage des phytosanitaires

les pesticides en tuant les insectes font disparaître une partie de la nourriture du mammifère qui est insectivore. Il y a aussi une mortalité routière pour certaines espèces dont le vol est très bas. La pollution lumineuse ou encore la modification des paysages avec la destruction des haies et des talus ou l'urbanisation impacte aussi leur population.

Des solutions simples

On peut intégrer la conservation de l'espèce lorsqu'on rénove sa maison. On peut aussi laisser un bout de jardin moins entretenu et sans pesticides ou même installer des gîtes artificiels. La LPO propose des solutions aux communes ou particuliers confrontés à des colonies. Il faut savoir que le guano est un excellent fertilisant naturel pour le jardin. Alors voyez qu'on les aime !

Juliette Ascone



AGIR pour la
BIODIVERSITÉ



Les rencontrer

« La soirée débutera par une projection sur la vie des chauves-souris et, une fois la nuit tombée rencontrez ces « demoiselles de la nuit » en les observant virevolter puis en observant leur technique de chasse aux moustiques où vous pourrez écouter leur cris amplifiés grâce aux détecteurs d'ultrasons. Prévoir une lampe de poche et des chaussures de marche. Gratuit
- Le vendredi 31 août à la Tour de Broue, commune de Saint Sornin à partir de 19h45
- Le vendredi 24 août, à 20h, à la mairie de Saint-Savinien.

La Chauve Souris Le grand rhinolophe

Qualité : vous débarrasse des moustiques
Défaut : timide
Humain préféré : les protecteurs de la nature
Reincarnation ? En Batman !!
Magazine préféré : l'Echo des Rhinos



Resto préféré : une prairie naturelle
Dieu ? Jamais entendu parler...
Au régime ? Insectivore
De droite ou de gauche ? La tête en bas
Livre de chevet : insectes de France et d'Europe
Whisky ou Perrier ? Eau plate !
Statut : espèce protégée
Age : de 10 à 30 ans
J'habite : partout autour de vous !

J'AIME... J'AIME PAS !

Programme en partenariat avec la LPO, Natura 2000, L'Europe, La région Nouvelle Aquitaine, et la DREAL

Contact : 05 46 82 12 34 (Virginie BARRET - LPO) - En savoir plus : faune-charente-maritime.org

Vidici...+3