



Suivi post-implantation du parc éolien de Radenac et son extension (56) - Année 2025



Fiche contrôle qualité

Destinataire du rapport :	ENGIE Green
Site :	Parc éolien de Radenac et son extension
Interlocuteurs :	Elise KEBAILI Jean-Philippe DENEUCHATEL
Adresse :	ENGIE Green France Le Triade II – Parc d’activité Millénaire II 215 rue Samuel Morse CS20756 34967 MONTPELLIER Cedex 2
Email :	elise.kebaili@engie.com yohann.cozian@engie.com
Intitulé du rapport :	Parc éolien de Radenac (56) : suivi post-implantation 2025
Rédacteurs :	Jean-Emmanuel BRASSEUR – Chargé d’étude – Flore Laura MENOUD – Chargée d’étude – Chiroptères Atéa MOULENGUI – Technicienne - Mortalité Hélène LE GLATIN – Chargée de projets
Relecteur final :	Hélène LE GLATIN – Chargée de projets Léa MICHELLAND – Adjointe de direction

Gestion des révisions

Version n°1 du 18 décembre 2025
Nombre de pages : 123
Nombre d’annexes : 03

SOMMAIRE

SOMMAIRE	3
LISTE DES FIGURES	5
LISTE DES CARTES	7
INTRODUCTION.....	8
1. Cadre légal national	8
2. Cadre légal du parc éolien étudié et objectifs	8
3. Présentation des notions abordées dans le document.....	9
3.1. Notion de patrimonialité	9
3.2. Notion de sensibilité au regard de l'éolien.....	11
4. Présentation générale du parc étudié	12
5. Rappel du contexte écologique	16
5.1. Zones de protection du patrimoine naturel - Réseau Natura 2000.....	16
5.2. Zones d'inventaire du patrimoine naturel – ZNIEFF.....	18
5.3. La Trame Verte et Bleue	20
6. Historique des suivis réalisés sur le parc	23
ETUDE DE LA MORTALITE	27
1. Méthodologie générale	27
2. Effort de surveillance	27
2.1. Surfaces et transects de prospection	29
2.2. Compilation des données.....	31
2.3. Modèles d'estimation du taux de mortalité	31
3. Détermination des coefficients de correction	33
3.1. Tests de persistance des cadavres (t)	33
3.2. Tests d'efficacité des observateurs (Z)	34
4. Limites du suivi de mortalité.....	39
5. Résultats des expertises de terrain.....	41
5.1. Bilan des cadavres observés	41
5.2. Estimation de la mortalité.....	41
6. Analyse des résultats et discussion	45
6.1. Analyse des cas de mortalité observés.....	45
6.2. Analyse des calculs de mortalité	50
7. Conclusion générale du suivi de mortalité	53
ETUDE EN CONTINU DE L'ACTIVITE CHIROPTEROLOGIQUE EN HAUTEUR	54
1. Pré-diagnostic chiroptérologique	54
1.1. Sources et bases de données utilisées.....	54
1.2. Résultats des recherches bibliographiques.....	54
1.3. Inventaire des chiroptères potentiellement présents dans l'aire d'étude immédiate.....	59
2. Protocole d'écoute en continu en nacelle d'éolienne	61

2.1. Objectifs de l'expertise	61
2.2. Protocole d'expertise.....	61
3. Résultats des écoutes en continu en nacelle.....	64
3.1. Inventaire complet des espèces contactées au niveau de la nacelle	64
3.2. Étude de l'activité en période des transits printaniers	67
3.3. Étude de l'activité en période de mise-bas.....	70
3.4. Étude de l'activité en période des transits automnaux	74
3.5. Synthèse des sensibilités.....	78
3.6. Corrélation de l'activité enregistrée au niveau de l'éolienne avec les principaux facteurs extérieurs.....	83
4. Vérification de l'efficacité du bridage et amélioration.....	90
4.1. Bridage actif en 2024-2025	90
4.2. Nombre de contacts protégés par le bridage 2025	90
5. Conclusion sur l'activité chiroptérologique	91
DISCUSSION SUR LES IMPACTS RÉSIDUELS ET ADAPTATION DES MESURES CORRECTIVES	93
1. Discussion sur les résultats de mortalité	93
1.1. Nuancement des résultats.....	93
1.2. Activité chiroptérologique	95
2. Analyse des espèces impactées.....	96
2.1. Effets résiduels sur les espèces impactées	96
3. Réflexion sur la mise en place de mesures supplémentaires	97
3.1. Ajustement des paramètres du bridage	97
3.2. Maintien de l'entretien des plateformes.....	97
SUIVI DE LA MISE EN PLACE DE ZONE HUMIDE COMPENSATOIRE.....	99
1. Description de l'habitat humide (étude d'impact 2016).....	99
2. Suivi de la restauration de la lande humide	100
2.1. Suivi N0 (avant et pendant les travaux de génie écologique).....	101
2.1. Suivi N + 1 (après les travaux de génie écologique)	102
2.2. Suivi N+2 (après les travaux de génie écologique)	104
2.3. Préconisation et calendrier des prochains suivis de la zone humide compensatoire	106
CONCLUSION	107
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	108
1. ANNEXE 1 - Rappel de biologie des chiroptères	111
2. ANNEXE 2 – Méthodologie de traitement des signaux	116
3. ANNEXE 3 - Seuils d'activité chiroptérologique en nacelle par espèce d'après Altisphère, Ecosphère	122

LISTE DES FIGURES

Figure 1 - Principales caractéristiques des éoliennes suivies (source : APC 10/01/2020)	12
Figure 2 - Les périmètres de protection du patrimoine naturel de l'aire d'étude éloignée (20 km)	16
Figure 3 - Les périmètres d'inventaire du patrimoine naturel de l'aire d'étude éloignée (20 km)	18
Figure 4 - Historique des suivis réalisés sur le parc	23
Figure 5 - Résultats des suivis passés	23
Figure 6 - Espèces de chiroptères détectées par écoutes actives au cours du suivi de 2016	24
Figure 7 - Espèces de chiroptères détectées par écoutes actives au cours du suivi de 2024	26
Figure 8 - Plan de bridage en cours sur les éoliennes E1 – E3 – E4 – E5	26
Figure 9 - Calendrier des passages de recherche des cadavres	27
Figure 10 - Equipe ayant réalisé les passages	27
Figure 11 - Calendrier des passages de recherche des cadavres	28
Figure 12 - Illustration d'une aire de contrôle et des transects parcourus autour de l'éolienne E5	29
Figure 13 - Tableau de calcul des durées de persistance par éolienne	34
Figure 14 - Taux de découverte des cadavres par éolienne	35
Figure 15 - Taux d'efficacité des opérateurs réguliers	35
Figure 16 - Pourcentages d'occupation de chaque habitat au sein de la surface de prospection	36
Figure 17 - Surfaces prospectées autour des éoliennes	38
Figure 18 - Résultats des estimations de mortalité de l'avifaune (en nombre de cadavres/éolienne pour la période étudiée)	41
Figure 19 - Résultats des estimations de mortalité des chiroptères (en nombre de cadavres/éolienne pour la période étudiée)	42
Figure 20 - Résultats des estimations de mortalité par éolienne	43
Figure 21 - Paramètres utilisés sur la plateforme Shiny	43
Figure 22 - Résultats des estimations de mortalité - Outil Shiny	43
Figure 23 - Résultats des estimations de mortalité (en nombre de cadavres/période)	44
Figure 24 - Résultats des estimations de mortalité par taxon	44
Figure 25 - Inventaire des principaux facteurs pouvant entraîner des collisions	45
Figure 26 - Cas de mortalité en France – Les dix espèces les plus impactées (Dürr, 2025)	47
Figure 27 - Cas de mortalité dans l'ouest de la France entre 2010 et 2019 – Oiseaux (Ouest'Am 2020)	48
Figure 28 - Cas de mortalité en France – Chiroptères (Dürr, 2025)	49
Figure 29 - Cas de mortalité dans l'ouest de la France entre 2010 et 2019 – Chiroptères (Ouest'Am, 2020)	49
Figure 30 - Distribution temporelle de découverte des cadavres (source : G. Marx 2017)	52
Figure 31 - Inventaire des espèces de chiroptères dans les périmètres de protection et d'inventaire (janvier 2025)	54
Figure 32 - Sites d'intérêt pour les chiroptères en Bretagne	56
Figure 33 - Inventaire des espèces de chiroptères contactées sur la commune du projet (janvier 2025)	59
Figure 34 - Chiroptères patrimoniaux potentiellement présents dans l'AEI	60
Figure 35 - Calendrier des durées d'échantillonnage sur E5 selon les phases étudiées	62
Figure 36 - Inventaire complet des espèces enregistrées par le BATLOGGER au niveau de l'éolienne E5	64
Figure 37 - Représentation graphique des variations journalières de l'activité totale des chiroptères (en nombre de contacts bruts)	65
Figure 38 - Détails des coefficients de détectabilité et des distances de détection des chiroptères en milieu ouvert (Barataud M. 2015)	66
Figure 39 - Proportions des contacts localisés à plus de 25 m de hauteur par espèce (Haquart et al. 2014)	66
Figure 40 - Répartition quantitative des chiroptères détectés lors des transits printaniers au niveau de la nacelle de l'éolienne (activité corrigée)	67
Figure 41 - Représentation graphique des variations journalières de l'activité totale des chiroptères lors des transits printaniers (en nombre de contacts)	68
Figure 42 - Représentation graphique des variations journalières de l'activité des espèces présentes lors des transits printaniers (en nombre de contacts)	68
Figure 43 - Répartition quantitative des chiroptères détectés au niveau de la nacelle de l'éolienne en période de mise-bas (activité corrigée)	70
Figure 44 - Représentation graphique des variations journalières de l'activité totale des chiroptères en phase de mise-bas (en nombre de contacts)	71
Figure 45 - Représentation graphique des variations journalières de l'activité en phase de mise-bas (en nombre de contacts)	71
Figure 46 - Répartition quantitative des chiroptères détectés au niveau de la nacelle de l'éolienne en période des transits automnaux (activité corrigée)	74
Figure 47 - Représentation graphique des variations journalières de l'activité totale des chiroptères lors des transits automnaux (en nombre de contacts)	75
Figure 48 - Représentation graphique des variations journalières de l'activité lors des transits automnaux (en nombre de contacts)	75
Figure 49 - Synthèse des cas de mortalité de chiroptères en France (T.Dürr, février 2025)	78
Figure 50 - Seuils de la méthodologie Altisphère par Ecosphère par espèce	79

Figure 51 - Nombre de nuits d'échantillonnage	79
Figure 52 - Nombre de nuits d'activité par niveau d'activité et par saison toutes espèces confondues.....	80
Figure 53 - Nombre de nuits d'activité par niveau d'activité, par espèce et par saison	81
Figure 54 - Sensibilité à la collision estimée par espèce et par saison	82
Figure 55 - Représentation graphique des variations de l'activité chiroptérologique en altitude en fonction des vitesses de vent (en nombre de contacts)	83
Figure 56 - Mise en corrélation de l'activité chiroptérologique avec les vitesses de vent	83
Figure 57 - Représentation graphique des variations de l'activité chiroptérologique en altitude en fonction des températures (en nombre de contacts).....	84
Figure 58 - Mise en corrélation de l'activité chiroptérologique avec les températures.....	84
Figure 59 - Nombre de contacts enregistrés en fonction du mois d'écoute	85
Figure 60 - Distribution mensuelle des cas de mortalité des chiroptères (GMB)	86
Figure 61 - Distribution mensuelle des cas de mortalité de la Noctule commune et de la Pipistrelle de Nathusius (GMB).....	86
Figure 62 - Nombre de contacts enregistrés en fonction des heures de la nuit.....	87
Figure 63 - Nombre de contacts enregistrés en fonction des heures de la nuit.....	88
Figure 64 - Cycle circadien d'après les données 2025	89
Figure 65 - Modalités de bridage en vigueur en 2025	90
Figure 66 - Nombre de contacts enregistrés durant toute la période du suivi et nombre de contacts protégés par le bridage en 2025.....	90
Figure 67 - Nombres de contacts 2025 par espèce protégé par le bridage	90
Figure 68 - Influence des différents indices sur les projections calculées	93
Figure 69 - Activité et mortalité chiroptérologique.....	95
Figure 70 - Photographie des zones à entretenir (E5, novembre 2025)	97
Figure 71 - Photographie des perchoirs potentiels pour l'avifaune à éviter (photographie prise hors site).....	98
Figure 72 - Cartographie de la zone de compensation (ALTHIS, Engie Green, 2016)	99
Figure 73 - Calendrier prévisionnel pour le suivi post-restauration de la lande à Molinie	100
Figure 74 - Aspect de la lande à Molinie avant gyrobroyage.....	102
Figure 75 - Lande humide à Molinie	105

LISTE DES CARTES

Carte 1 - Présentation des éoliennes du parc dont seule E5 est suivie – BD ORTHO	13
Carte 2 - Présentation des éoliennes du parc dont seule E5 est suivie – vue plan IGN	14
Carte 3 - Localisation des parcs éoliens environnants	15
Carte 4 - Localisation des périmètres hors réseau Natura 2000 à l'échelle de l'aire d'étude éloignée	17
Carte 5 - Localisation des périmètres du réseau ZNIEFF à l'échelle de l'aire d'étude éloignée	19
Carte 6 - Synthèse de la Trame Verte et Bleue à l'échelle de l'aire d'étude éloignée	21
Carte 7 - Continuités écologiques locales à l'échelle du parc éolien de Radenac	22
Carte 8 - Cartographie de l'aire de contrôle autour de l'éolienne.....	30
Carte 9 - Cartographie des habitats présents sous l'éolienne E5.....	37
Carte 10 - Evaluation des risques pour les chiroptères en Bretagne liés à l'implantation d'éoliennes au sein de l'AEE	57
Carte 11 - Evaluation des risques pour les chiroptères en Bretagne liés à l'implantation d'éoliennes à l'échelle du parc	58
Carte 12 - Localisation de l'éolienne équipée d'un Batlogger	63

INTRODUCTION

La société ENGIE Green a sollicité le bureau d'études ENVOL Environnement pour réaliser le suivi écologique du parc éolien de Radenac et son extension située sur la commune du même nom (56). Les éoliennes E1 à E4 ont été mises en service en octobre 2013 et l'éolienne E5 a été mise en fonctionnement en décembre 2022. Un suivi environnemental a été réalisé sur trois ans de 2015 à 2017 sur le parc historique. Une seconde campagne de suivi environnemental, concernant le parc historique et l'extension du parc éolien de Radenac, a commencé par une première année en 2023, une deuxième en 2024 et se poursuit avec une troisième année, en 2025. Le suivi 2025 est présenté dans ce rapport.

1. Cadre légal national

En application de l'article 12 de l'arrêté ICPE du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent, il est nécessaire d'évaluer les impacts réels d'un parc dans les 3 années qui suivent sa mise en service, puis tous les 10 ans. Un arrêté complémentaire a été produit le 22 juin 2020 et a corrigé le délai de mise en place du suivi environnemental à 12 mois maximum après la mise en fonctionnement des éoliennes.

Les suivis environnementaux doivent être réalisés par l'exploitant du parc éolien conformément au protocole de suivi environnemental en vigueur reconnu par le ministère chargé des ICPE. Une première version de ce guide a été publiée en 2015 puis revue en 2017 et la version finale (à ce jour) a été approuvée en 2018. Le guide impose la réalisation d'une étude de mortalité des oiseaux et des chiroptères ainsi qu'une étude à hauteur de nacelle de l'activité des chauves-souris dans le but de qualifier et de quantifier les impacts réels du parc en permettant d'évaluer si le fonctionnement des éoliennes est susceptible de remettre en cause les états de conservation des espèces occupant le territoire local.

A noter que si des impacts sont mis en évidence, des mesures de type ERC (Eviter, Réduire, Compenser) doivent être prises afin de les annuler ou les réduire.

2. Cadre légal du parc éolien étudié et objectifs

Conformément à l'article 12 de l'arrêté du 26 août 2011, à l'arrêté d'autorisation d'exploiter (en date du 17/01/2020) et aux engagements pris par ENGIE Green pour le parc éolien de Radenac, un suivi environnemental est réalisé durant les trois années suivant la mise en service de l'éolienne E5, en 2023. La société ENGIE Green a mandaté le bureau d'études ALTHIS pour la réalisation du suivi de mortalité de 2015 à 2017 sur les éoliennes E1 à E4. La période du suivi s'est étendue sur 13 semaines d'août à octobre, soit des semaines 31 à 43. Un suivi environnemental post-implantation avec l'extension du parc (éolienne E5) a été réalisé en 2023 par ENVOL Environnement pendant 32 semaines, soit de la semaine 12 à 43 ainsi qu'en 2024 pendant 30 semaines soit de la semaine 14 à 44.

Le présent document vise la présentation des résultats de la troisième année de suivi post-implantation 2025.

Le suivi de mortalité s'est déroulé entre les semaines 14 et 44 de l'année 2025 au rythme d'un passage de recherche de cadavres par semaine. Un dispositif d'écoute et d'enregistrement des signaux ultrasonores en altitude de type Batlogger WEX1 a également été installé dans la nacelle de l'éolienne E5 sur la même période, de la semaine 14 à 44.

La méthodologie suivie répond aux exigences du guide de suivi des parcs éoliens terrestres paru en 2018.

3. Présentation des notions abordées dans le document

3.1. Notion de patrimonialité

Dans le cadre de l'inventaire du patrimoine naturel, nous définissons des « espèces patrimoniales » et leur attribuons un niveau de patrimonialité, en amont de toutes expertises naturalistes. Le statut d'espèce patrimoniale n'est pas un statut légal. Il s'agit d'espèces que les scientifiques et les conservateurs estiment importantes pour notre patrimoine naturel, que ce soit pour des raisons écologiques, scientifiques ou culturelles.

Pour déterminer la patrimonialité spécifique et le niveau de patrimonialité, nous utilisons différentes informations :

- **La situation de l'espèce sur les Listes rouges de l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN)** : il s'agit d'un inventaire mondial qui définit l'état de conservation global des espèces végétales et animales sous forme de Listes rouges qui se déclinent sur différentes échelles. Ici, nous utilisons **les échelles européennes, nationale et régionale**. Ces Listes rouges classent les espèces en différentes catégories selon leur état de conservation (catégories listées ci-dessous).

- **CR** : En danger critique d'extinction. Les risques de disparition semblent, pour de telles espèces, pouvoir survenir au cours des dix prochaines années, tout particulièrement si rien n'est fait pour les conserver, atténuer les menaces, ou si aucune reprise démographique n'est constatée ;

- **EN** : En danger. Les risques de disparition peuvent alors être estimés à quelques dizaines d'années tout au plus ;

- **VU** : Vulnérable. Espèce dont le passage dans la catégorie des espèces en danger est jugé probable dans un avenir proche en cas de persistance des facteurs qui sont cause de la menace ;

- **NT** : Quasi menacée (espèce proche du seuil des espèces menacées ou qui pourrait être menacée si des mesures de conservation spécifiques n'étaient pas prises) ;

- **LC** : Préoccupation mineure (espèce pour laquelle le risque de disparition de France est faible) ;

- **DD** : Données insuffisantes (espèce pour laquelle l'évaluation n'a pas pu être réalisée faute de données suffisantes) ;

- **NA** : Non applicable ;
- **NE** : Non évalué.

Dans notre étude, une espèce sera considérée patrimoniale dès lors qu'elle est classée comme menacée par l'une de ces trois Listes rouges (à partir du statut « NT »).

- **L'intérêt communautaire d'une espèce au titre de Natura 2000** : dès lors qu'une espèce figure sur l'**Annexe I de la Directive « Oiseaux »** ou sur l'**Annexe II de la « Habitats-Faune-Flore »** (abrégée Directive « Habitats » par la suite), elle est considérée comme patrimoniale.

Directive « Oiseaux »

- **Annexe I** : *Protection stricte de l'espèce et de son habitat qui sera classé en ZPS ;*
- **Annexe II** : *Espèces pour lesquelles la chasse n'est pas interdite à condition que cela ne porte pas atteinte à la conservation des espèces ;*
- **Annexe III** : *Espèces pour lesquelles la vente, le transport, la détention pour la vente et la mise en vente sont interdits (1ère partie) ou peuvent être autorisés (2ème partie) selon certaines conditions.*

Directive « Habitats-Faune-Flore »

- **Annexe I** : *Liste les types d'habitats naturels d'intérêt communautaire dont la conservation nécessite la désignation de zones de protection spéciale (ZPS) ;*
- **Annexe II** : *Regroupe des espèces animales et végétales d'intérêt communautaire dont la conservation nécessite la désignation de zones spéciales de conservation (ZSC) ;*
- **Annexe III** : *Donne les critères de sélection des sites susceptibles d'être identifiés comme d'importance communautaire et désignés comme ZSC ;*
- **Annexe IV** : *Liste les espèces animales et végétales d'intérêt communautaire qui nécessitent une protection stricte : elle concerne les espèces devant être strictement protégées. Cette liste a été élaborée sur la base de l'Annexe 2 de la Convention de Berne. Certains groupes taxonomiques sont plus strictement protégés par la Directive HFF que par la Convention tels que les chauves-souris et les cétacés ;*
- **Annexe V** : *Concerne les espèces animales et végétales d'intérêt communautaire dont le prélèvement dans la nature et l'exploitation sont susceptibles de faire l'objet de mesures de gestion.*

- **Les arrêtés nationaux et préfectoraux de protection des espèces faunistiques et floristiques** : ces éléments concernent les différents arrêtés pris pour la protection des espèces faunistiques et floristiques. Le degré de patrimonialité tient compte de l'annexe ou l'article auquel l'espèce est inscrite.

Ces différents outils réglementaires visent à protéger et prévenir la disparition des espèces végétales menacées qui y sont citées. L'objectif est également de permettre la conservation des biotopes accueillant ces espèces.

Arrêté national du 20 janvier 1982 fixant la liste des espèces végétales protégées sur l'ensemble du territoire

Annexe I : Liste les espèces dont il est interdit « la destruction, la coupe, la mutilation, l'arrachage, la cueillette ou l'enlèvement, le colportage, l'utilisation, la mise en vente, la vente ou l'achat de tout ou partie des spécimens sauvages » de ces espèces listées.

Annexe II : Liste les espèces suivant les mêmes interdictions que celles à l'annexe I, excepté sur les parcelles habituellement cultivées.

Le niveau de patrimonialité est attribué à chacune des espèces recensées. Une espèce avec un intérêt communautaire aura une patrimonialité plus forte. Le statut de conservation défini par une Liste rouge à l'échelle régionale a autant de valeur qu'un statut défini à l'échelle nationale ou européenne. Pour l'avifaune, il est à noter que le niveau de patrimonialité prend en considération les Listes rouges régionales (établies pour les populations nicheuses) uniquement pour la période nuptiale. Plus une espèce est menacée, plus son niveau de patrimonialité sera élevé. Pour les espèces floristiques, le niveau de patrimonialité est également défini selon la présence de taxons listés, ou non, aux arrêtés nationaux et préfectoraux de protection des espèces. Ces arrêtés constituent des éléments de patrimonialité de la même échelle qu'un statut « quasi menacé » aux listes rouges.

3.2. Notion de sensibilité au regard de l'éolien

La « sensibilité » (= risque d'impact potentiel) des espèces à l'éolien en général est abordée préalablement à l'analyse des impacts liés au projet. Elle exprime le risque de perdre tout ou partie de la valeur de l'enjeu identifié du fait de la réalisation du projet. Pour ce suivi, il correspond uniquement à sa sensibilité vis-à-vis du risque de collisions et/ou de barotraumatisme.

Afin de définir les sensibilités relatives aux espèces recensées au sein du périmètre d'étude, plusieurs critères sont pris en considération :

- **L'écologie de l'espèce.**

Les **données de mortalité issues des suivis de mortalité** (avifaune et chiroptères) compilées à l'échelle européenne (T. Dürr). Cette base de données régulièrement mise à jour permet d'évaluer la sensibilité spécifique en mettant en relation le nombre d'individus retrouvés impactés au pied des parcs européens et les populations spécifiques.

4. Présentation générale du parc étudié

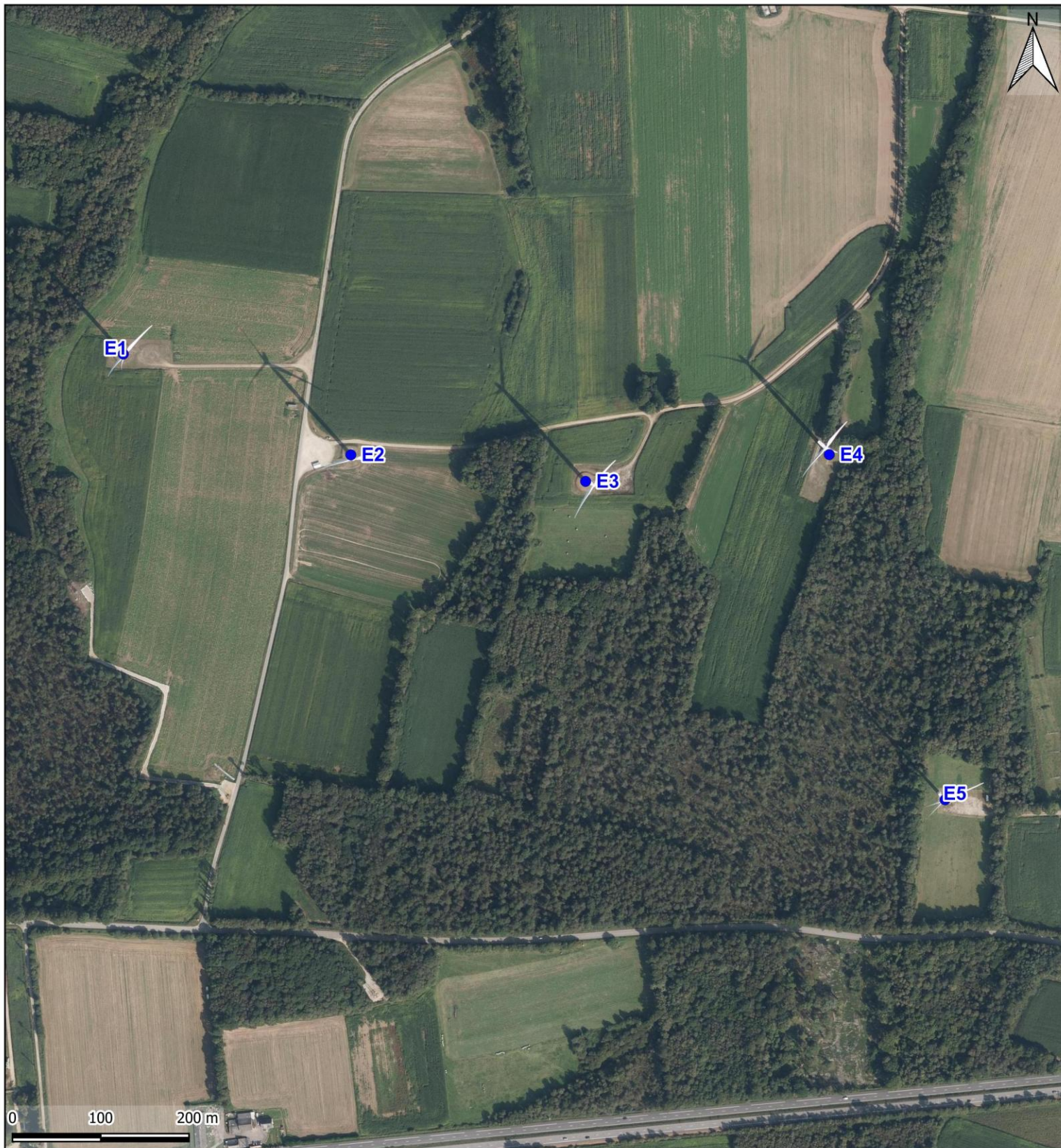
Les cinq éoliennes du parc éolien de Radenac sont implantées sur la commune de Radenac (56). Voici les principales caractéristiques de ce parc éolien :

Figure 1 - Principales caractéristiques des éoliennes suivies (source : APC 10/01/2020)		
Caractéristiques	Parc éolien de Radenac	
	4 éoliennes d'origine	1 éolienne (extension du parc)
Opérateur	Engie Green	
Mise en service	2013	2022
Modèle	Servion MM92/2050 2050 kW	Vestas V100/2200 2200 kW
Diamètre (m)	92,5	100
Hauteur du moyeu (m)	90	100
Hauteur totale (m)	146	150
Puissance unitaire (MW)	2,05	2,2
Nombre d'éoliennes	5	



Photographie prise au pied de E5 – 8 septembre 2025

Source : ENVOL Environnement



Carte 1 - Présentation des éoliennes du parc dont seule E5 est suivie – BD ORTHO

LEGENDE

Parc éolien suivi :

- Eolienne

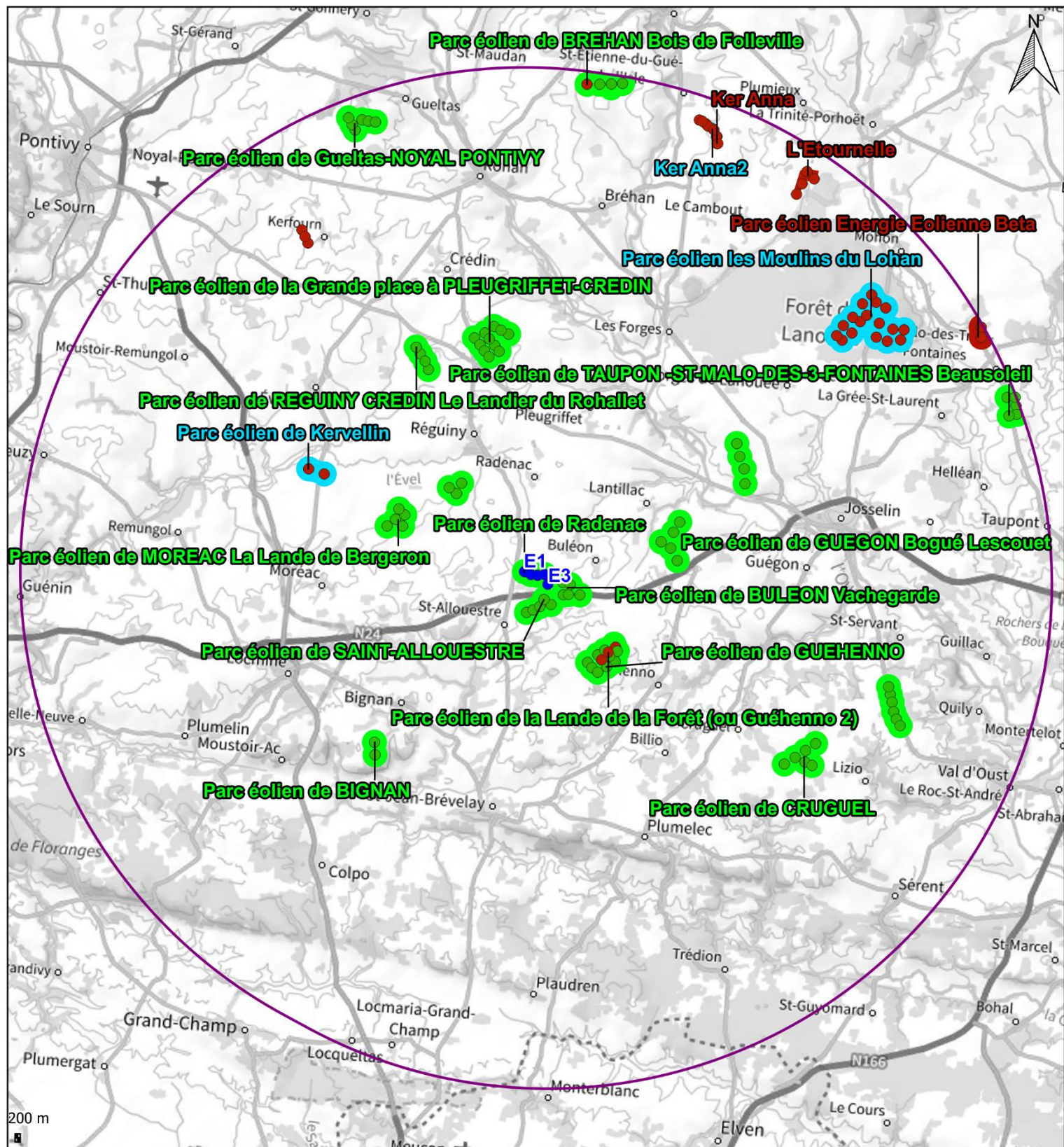


Carte 2 - Présentation des éoliennes du parc dont seule E5 est suivie – vue plan IGN

LEGENDE

Parc éolien suivi :

- Eolienne



Carte 3 - Localisation des parcs éoliens environnants

LEGENDE

Parc éolien suivi :

● Eolienne

□ Aire d'étude éloignée (20 km)

Autre parc éolien :

● construit

● non construit

Parc éolien :

■ Autorisation administrative

■ Parc en fonctionnement

■ Autorisation administrative refusée

Les deux parcs éoliens les plus proches de l'éolienne E5 suivie se situent à environ 600 m à l'est et au sud. Il s'agit du parc éolien de Buleon Vachegarde et du parc éolien Saint-Allouestre.

5. Rappel du contexte écologique

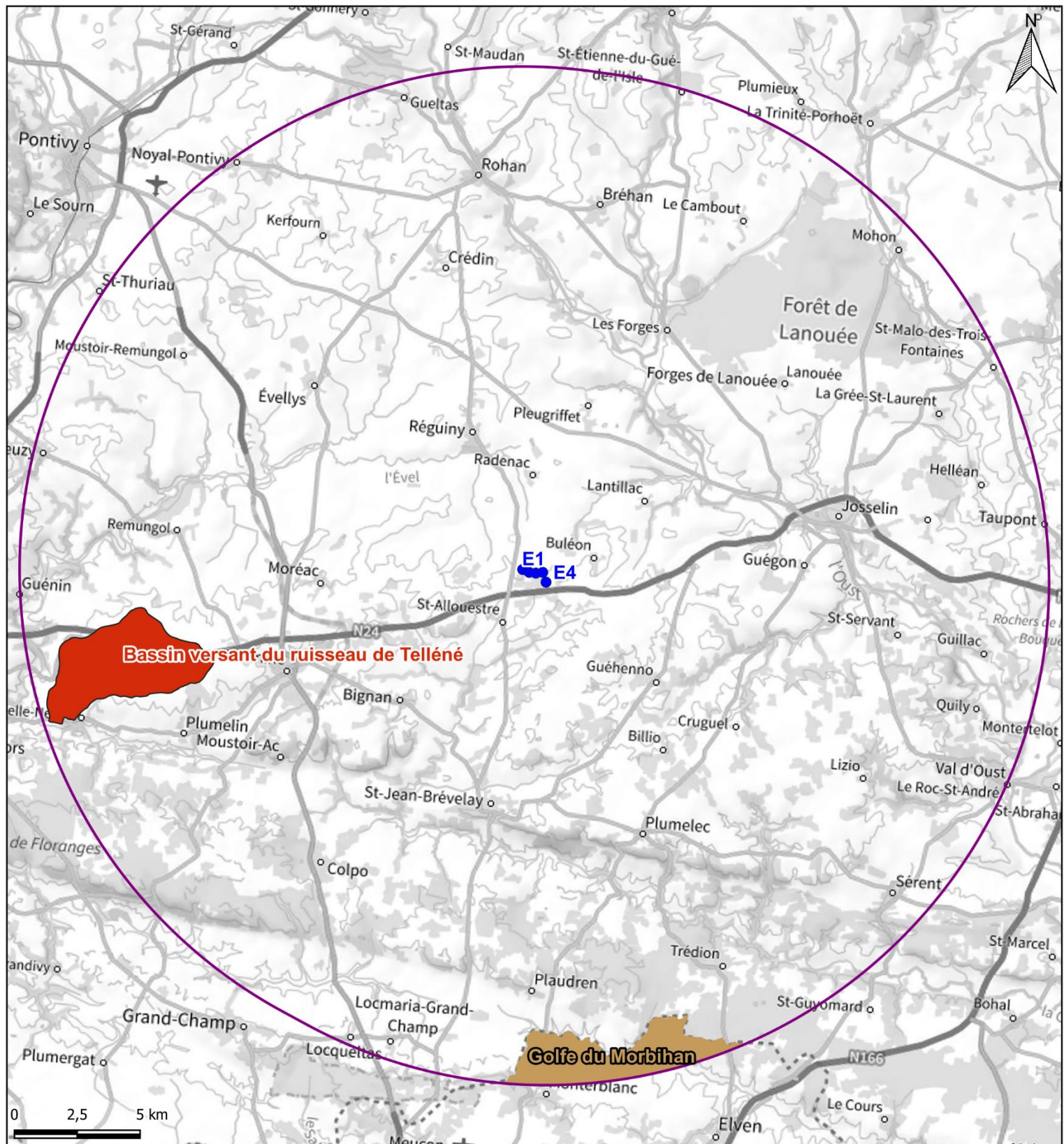
5.1. Zones de protection du patrimoine naturel - Réseau Natura 2000

Aucune zone du patrimoine naturel appartenant au réseau Natura 2000 n'est référencée dans un rayon de 20 km autour du parc éolien de Radenac.

Deux zones du patrimoine naturel n'appartenant pas au réseau Natura 2000 sont référencées dans un rayon de 20 km autour du parc éolien de Radenac. Il s'agit de l'Arrêté de Protection de Biotope (APB) « Bassin versant du ruisseau de Telléné », à 12,78 km à l'ouest des éoliennes, et du Parc Naturel Régional (PNR) « Golfe du Morbihan », à 17,81 km au sud. L'APB concerne la protection des cours d'eau occupés par la Mulette perlière.

Les deux zones de protection sont présentées dans le tableau ci-dessous et cartographiées ci-après.

Figure 2 - Les périmètres de protection du patrimoine naturel de l'aire d'étude éloignée (20 km)		
Numéro de la zone	Intitulé de la zone	Situation par rapport aux éoliennes
APB (1 entité)		
FR3801090	Bassin versant du ruisseau de Telléné	12,78 km à l'ouest
PNR (1 entité)		
FR800051	Golfe du Morbihan	17,81 km au sud



Carte 4 - Localisation des périmètres hors réseau Natura 2000 à l'échelle de l'aire d'étude éloignée

LEGENDE

Parc éolien suivi :

- Eolienne
- Aire d'étude éloignée (20 km)

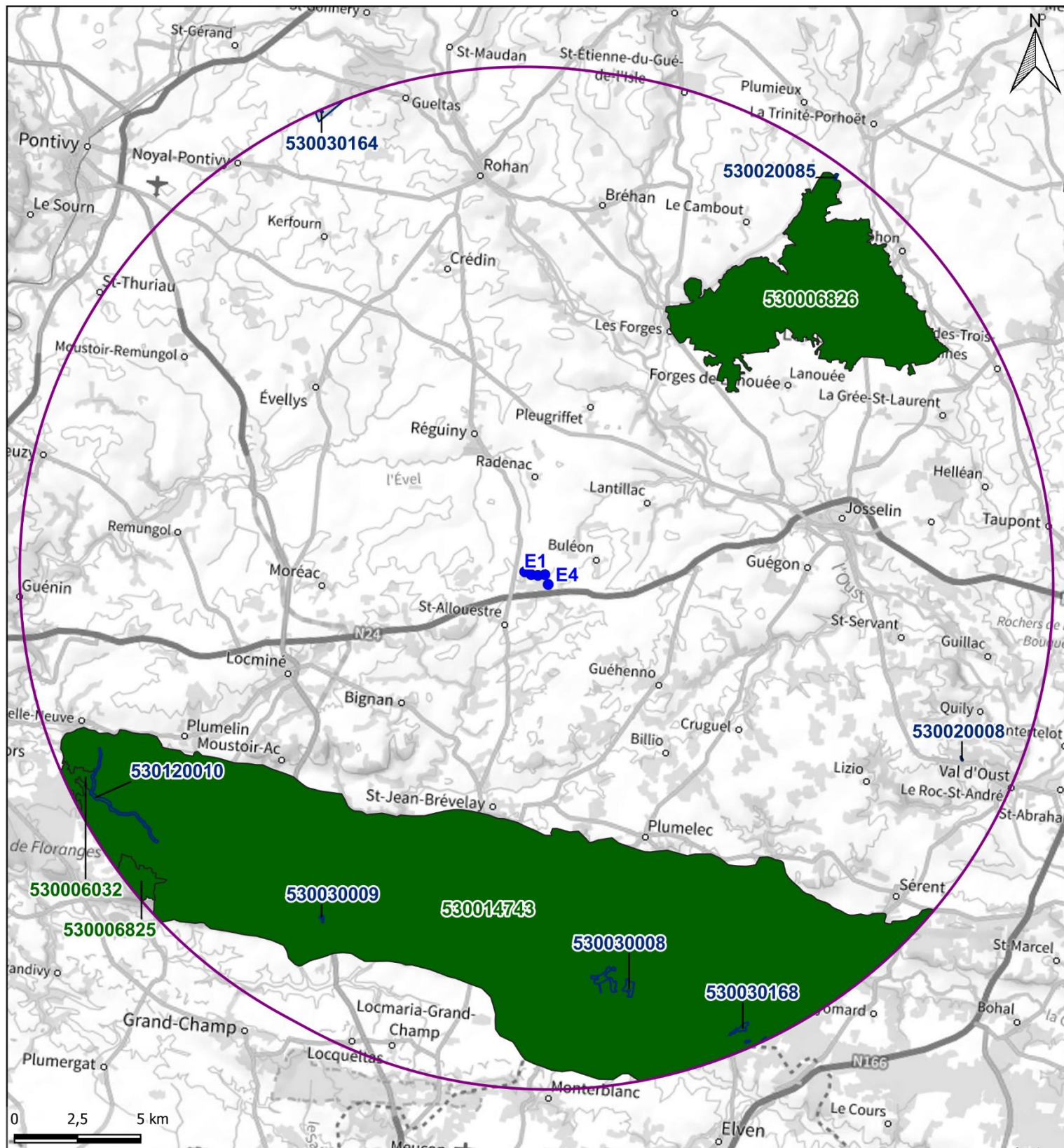
Espace naturel protégé :

- Arrêté de protection de biotope
- Parc naturel régional

5.2. Zones d'inventaire du patrimoine naturel – ZNIEFF

Onze ZNIEFF (sept ZNIEFF de type I et quatre ZNIEFF de type II) ont été identifiées dans les 20 km autour du parc éolien de Radenac. La ZNIEFF la plus proche concerne une ZNIEFF de type II et se localise à 9,43 km au sud des éoliennes. Il s'agit des « Landes de Lanvaux ». Cette zone naturelle accueille notamment la Rainette verte et la Grenouille agile. La Loutre d'Europe et de nombreuses espèces de chiroptères sont citées (dont la Barbastelle d'Europe, le Grand Murin, la Noctule commune, etc.). Concernant les oiseaux, le Busard cendré, le Busard Saint-Martin, le Faucon hobereau, l'Alouette lulu et la Bondrée apivore font partie des nombreuses espèces référencées.

Figure 3 - Les périmètres d'inventaire du patrimoine naturel de l'aire d'étude éloignée (20 km)		
Identifiant	Intitulé de la zone	Situation par rapport éoliennes
ZNIEFF de type I (7 entités)		
530030008	VALLONS TOURBEUX DU BOIS DE SAINT-BILY	15,33 km au sud
530030009	TOURBIERE DE KERLAUNAY	15,78 km au sud-ouest
530020008	LA MINE	17,69 km au sud-est
530120010	LE GOYEDON	17,98 km au sud-ouest
530030168	ETANGS OLIGOTROPHES DU BOIS DE LANVAUX ET LEURS ABORDS	19,03 km au sud-est
530020085	LANDE DE CALER / LA VILLE AU CERNE	19,39 km au nord-est
530030164	BOIS ET ETANG DE BRANGUILY	19,60 km au nord-ouest
ZNIEFF de type II (4 entités)		
530014743	LANDES DE LANVAUX	9,43 km au sud
530006826	FORET DE LANOUEE	10,23 km au nord-est
530006032	FORET DE FLORANGES	18,71 km au sud-ouest
530006825	FORET DE LANVAUX	18,70 km au sud-ouest



Carte 5 - Localisation des périmètres du réseau ZNIEFF à l'échelle de l'aire d'étude éloignée

LEGENDE

Parc éolien suivi :

● Eolienne

□ Aire d'étude éloignée (20 km)

Réseau ZNIEFF :

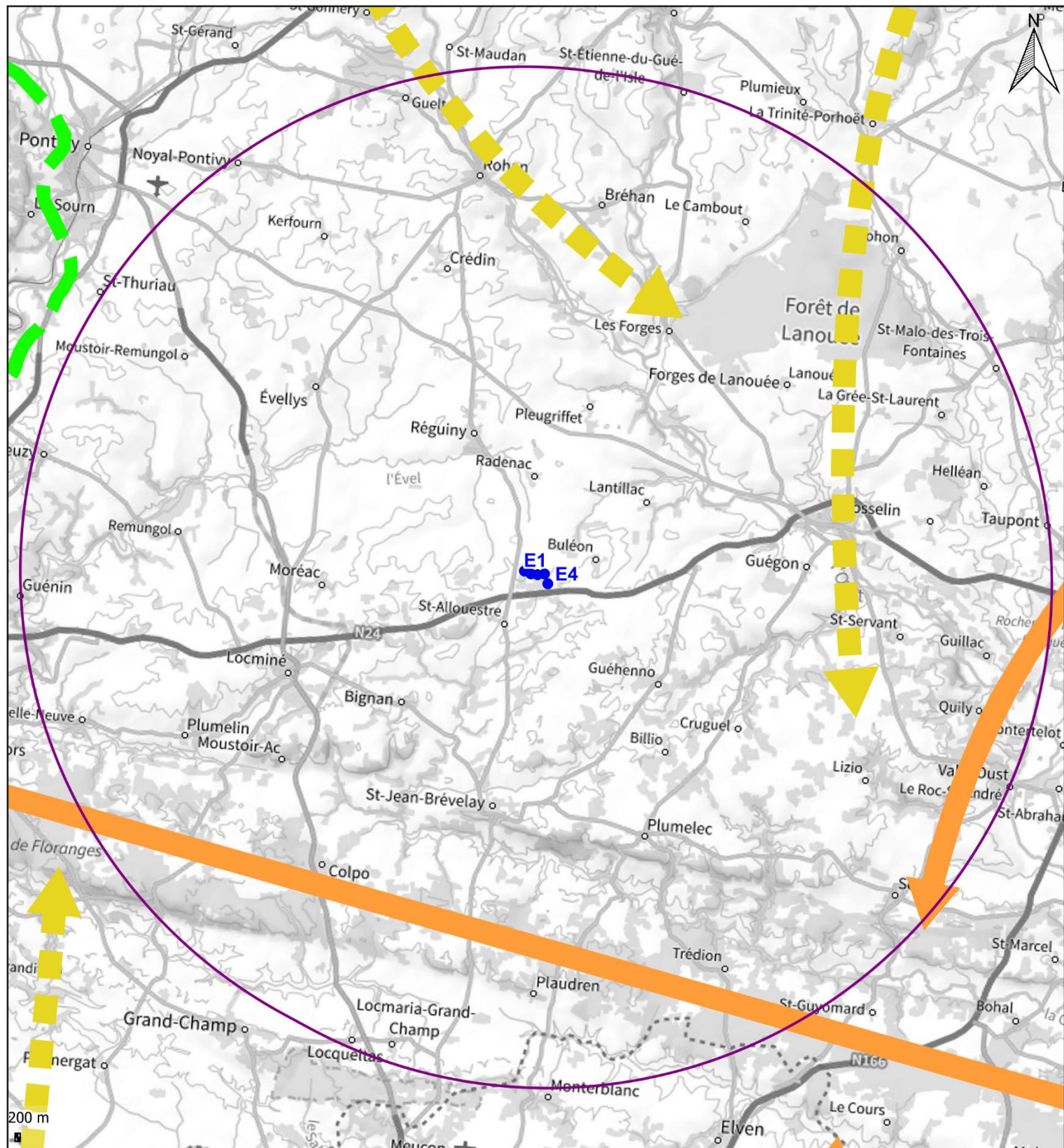
□ ZNIEFF de type I

■ ZNIEFF de type II

5.3. La Trame Verte et Bleue

D'après le SRCE de Bretagne, deux corridors linéaires associés à une forte connexion des milieux naturels traversent l'AEE au sud et à l'est. L'aire d'étude immédiate est située dans un réservoir de biodiversité boisée. Ces entités sont probablement prisées par la faune (avifaune, chiroptérofaune, entomofaune...) et celle-ci circulera préférentiellement le long des corridors formés par les entités paysagères tels que les bosquets et les haies.

Le parc éolien se situe dans un milieu agricole et bocager, proche de haies et de bosquets favorables aux déplacements et au nourrissage de la chiroptérofaune et de l'avifaune. Rappelons que l'ensemble des éoliennes se situe à moins de 60 m d'une haie (sauf E2).



Carte 6 - Synthèse de la Trame Verte et Bleue à l'échelle de l'aire d'étude éloignée

LEGENDE

Parc éolien suivi :

● Eolienne

□ Aire d'étude éloignée (20 km)

Trame verte et bleue :

Corridor écologique potentiel :

Corridor linéaire associé à une faible connexion des milieux naturels

Corridor linéaire associé à une forte connexion des milieux naturels

Corridor territoire



Carte 7 - Continuités écologiques locales à l'échelle du parc éolien de Radenac

LEGENDE

Parc éolien suivi :

● Eolienne

Element paysager :

■ Surface hydrographique

— Cours d'eau

■ Zone de végétation

— Haie

6. Historique des suivis réalisés sur le parc

Figure 4 - Historique des suivis réalisés sur le parc		
Année	Type de suivi	Prestataire
2015 à 2017	Suivi de mortalité (mi-août à fin octobre)	ALTHIS
2023	Suivi de mortalité et suivi de l'activité chiroptérologique en altitude (fin-mars à fin-octobre)	ENVOL Environnement
2024	Suivi de mortalité et suivi de l'activité chiroptérologique en altitude (fin-mars à fin-octobre)	ENVOL Environnement

Figure 5 - Résultats des suivis passés			
Année de suivi	Suivi de mortalité		Suivi de l'activité en nacelle
	Espèce (cas de mortalité constaté)	Éolienne	
2015 (mi-août à fin octobre)	Pipistrelle commune (1)	E4	-
2016 (mi-août à fin octobre)	Pipistrelle commune (3)	E1 et E4	Trois sessions d'écoutes actives ont été réalisées entre les semaines 31 et 43 au sein de l'aire d'étude rapprochée. Un total de 186 contacts a été dénombré, soit une activité moyenne. La Pipistrelle commune et le Murin de Natterer ont un indice d'activité moyen. La Pipistrelle de Kuhl et le Murin à moustaches ont un indice d'activité faible. La Sérotine commune, l'Oreillard gris, l'Oreillard roux et le Murin de Daubenton ont un indice d'activité très faible. Aucun des sept points d'écoute n'a révélé un intérêt supérieur à modéré.
	Pipistrelle de Kuhl (3)	E4	
	Pipistrelle de Nathusius (1)	E1	
	Pipistrelle sp (3)	E3	
2017 (mi-août à fin octobre)	Sérotine commune (1)	E4	Suite au constat de mortalité mis en avant en 2016, un bridage spécifique (mesure corrective) sur E4 a été mis en place à partir de début août 2017.
	Pipistrelle commune (1)	E1	
	Noctule de Leisler (1)	E3	
	Roitelet triple-bandeau (3)	E1, E2 et E3	
2023 (fin mars à fin octobre)	Pouillot véloce (1)	E5	Suivi en nacelle de l'éolienne E5 du 8 mars au 31 octobre 2023
	Pigeon ramier (1)	E3	
	Pigeon sp. (1)	E4	
	Martinet noir (1)	E5	
	Roitelet huppé (1)	E2	
	Pipistrelle commune (9)	E1, E4 et E5	
	Pipistrelle sp. (2)	E2 et E3	

Figure 5 - Résultats des suivis passés			
Année de suivi	Suivi de mortalité		Suivi de l'activité en nacelle
	Espèce (cas de mortalité constaté)	Éolienne	
2024	Pipistrelle commune	E2	Suivi en nacelle de l'éolienne E5 du 18 mars au 31 octobre 2024
	Pipistrelle de Kuhl	E2	
	Chiroptère sp.	E4	
	Epervier d'Europe	E1	
	Buse variable	E4	
	Pigeon sp.	E2	
	Martinet noir	E3	
	Martinet noir	E1	
	Grive draine	E5	
	Passereau sp.	E4	

Figure 6 - Espèces de chiroptères détectées par écoutes actives au cours du suivi de 2016					
Espèce	Activité (contacts/h)	Listes rouges			Natura 2000
		Bretagne	France	Europe	
Pipistrelle commune	39	LC	NT	-	IV
Pipistrelle de Kuhl	5,4	LC	LC	LC	IV
Sérotine commune	2,9	LC	NT	-	IV
Oreillard gris	1,4	LC	LC	NT	IV
Oreillard roux	0,6	LC	LC	-	IV
Murin de Daubenton	0,3	LC	LC	-	IV
Murin à moustaches	0,6	LC	LC	LC	IV
Murin de Natterer	1,7	LC	NT	-	IV

A la suite du suivi de mortalité réalisé en 2016, la société ENGIE Green a mis en place un bridage chiroptérologique au niveau de l'éolienne E4 à partir de début août 2017. Les modalités sont les suivantes :

- du 15 août au 30 septembre ;
- vitesse de vent inférieur à 5 m/s ;
- de 19h à 8h00.

L'arrêté préfectoral du 29 mars 2019 indique la mise en place d'un bridage chiroptérologique sur l'éolienne E5 (mise en service en novembre 2022) dont les modalités sont les suivantes :

- nuit complète : de 30 minutes avant le coucher du soleil jusqu'à 30 minutes après le lever du soleil ;
- absence de précipitations ;
- température supérieure à 10°C ;
- vitesse de vent inférieur à 5,5 m/s ;
- du 1^{er} mars au 30 juin et du 15 août au 31 octobre.

Lors de la reprise du suivi en 2024, un suivi en nacelle de l'éolienne E5 a été réalisé. Le tableau présente les espèces de chiroptères détectées.

Figure 7 - Espèces de chiroptères détectées par écoutes actives au cours du suivi de 2024							
Espèce	Activité (contacts/h)			Listes rouges			Natura 2000
	Transits printaniers	Mise bas	Transits automnaux	Bretagne	France	Europe	
Noctule de Leisler	0,001	0,027	0,010	NT	NT	LC	IV
Pipistrelle commune	0,021	0,286	0,195	LC	NT	-	IV
Pipistrelle de Kuhl		0,189	0,004	LC	LC	LC	IV
Pipistrelle de Nathusius		0,022	0,003	NT	NT	LC	IV
Sérotine commune		0,031	0,006	LC	NT	-	IV
Noctule sp./Sérotine sp.		0,001	0,001	-	-	-	-

A la suite du suivi de mortalité réalisé en 2023, la société ENGIE Green a mis en place un bridage chiroptérologique au niveau de toutes les éoliennes, excepté E2, à partir du 1er avril 2024 dont les modalités sont les suivantes :

Figure 8 - Plan de bridage en cours sur les éoliennes E1 – E3 – E4 – E5			
Période	1er avril au 31 mai	1er juin au 14 août	15 août au 31 octobre
Heure	Du coucher au lever du soleil	Du coucher jusqu'à 30 min avant le lever du soleil	
Vitesse de vent (m/s)	< 4,5 m/s	< 5,5 m/s	< 5,8 m/s
Température (°C)	≥ 13°C	≥ 12°C	≥ 13°C
Éoliennes concernées	E1 – E3 – E4 – E5		

ETUDE DE LA MORTALITE

1. Méthodologie générale

Le cadre général est fixé par le protocole de suivi environnemental ICPE dans sa version 2018.

2. Effort de surveillance

Le suivi de mortalité s'est déroulé de la semaine 14 à 44, soit entre le 31 mars et le 28 octobre 2025 à raison d'un passage par semaine.

Les journées de prospection se sont réparties selon le calendrier présenté ci-après. Les recherches ont débuté lorsque la lumière permettait de distinguer les éventuels cadavres au pied des éoliennes.

Figure 9 - Calendrier des passages de recherche des cadavres			
Thème d'étude	Période des passages	Intervalle moyen entre 2 passages	Nombre de passages
Transits printaniers et migrations pré-nuptiales	Du 31 mars au 31 mai 2025	6,22	9
Mise-bas et nidification	Du 1er juin au 14 août 2025	6,27	11
Transits automnaux et migrations post-nuptiales	Du 15 août au 31 octobre 2025	6,45	11

Figure 10 - Equipe ayant réalisé les passages	
Noms des opérateurs	Poste
Mewen LE PALLEC (MLP)	Technicien faune
Laura MENOUD (LM)	Chargée d'étude, chiroptérologue
Raphaël QUEVAL (RQ)	Chargé d'étude, entomofaune
Hélène LE GLATIN (HLG)	Chargée de projet
Antoine LUCAS (AL)	Chargé d'étude, ornithologue
Clara HAUTBOUT (CH)	Alternante, ornithologue

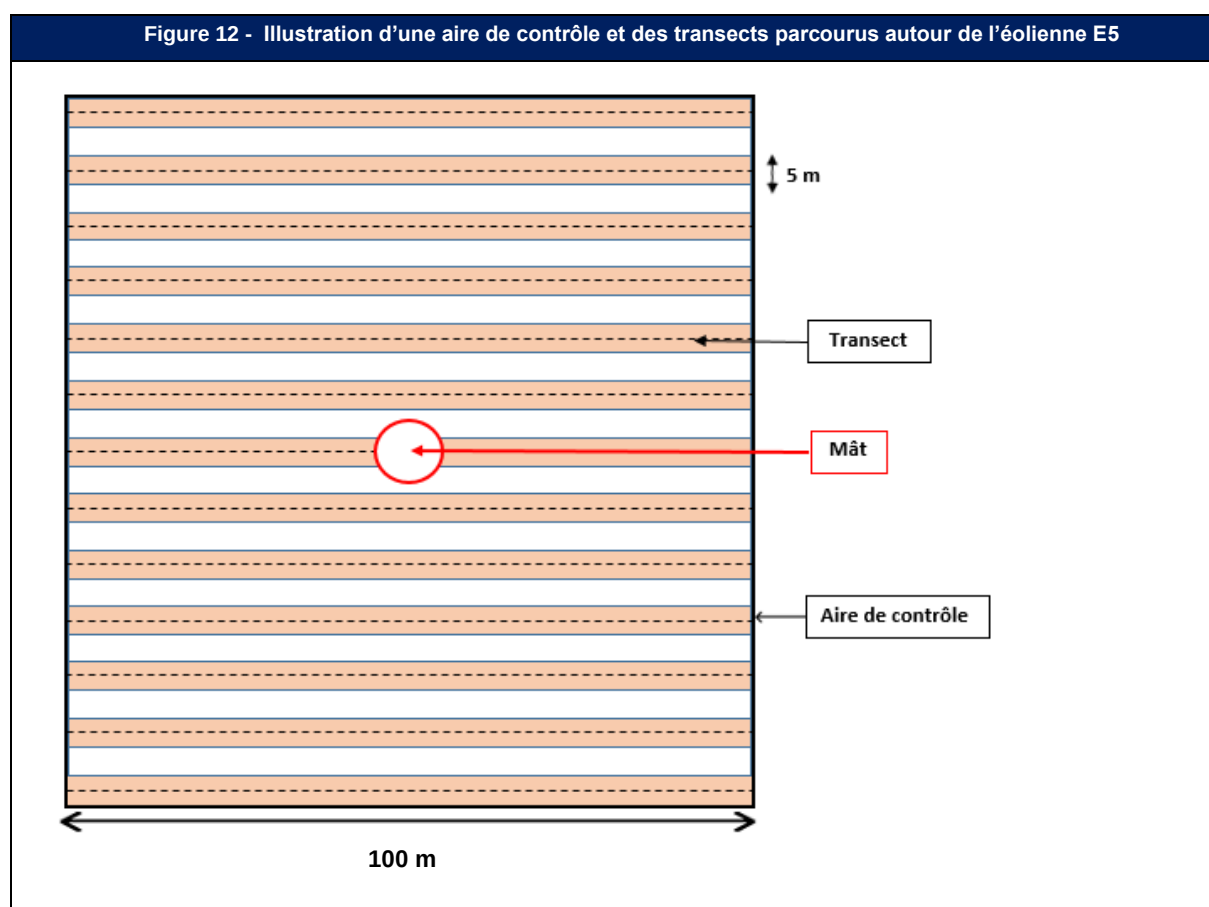
Des binômes sont formés sur les suivis afin d'assurer la continuité du suivi, parfois d'autres intervenants réalisent le suivi de mortalité ponctuellement pour des raisons d'organisation. De plus, lors des tests, les intervenants tiers sont également mobilisés pour une meilleure efficacité de recherche des cadavres lors de la persistance.

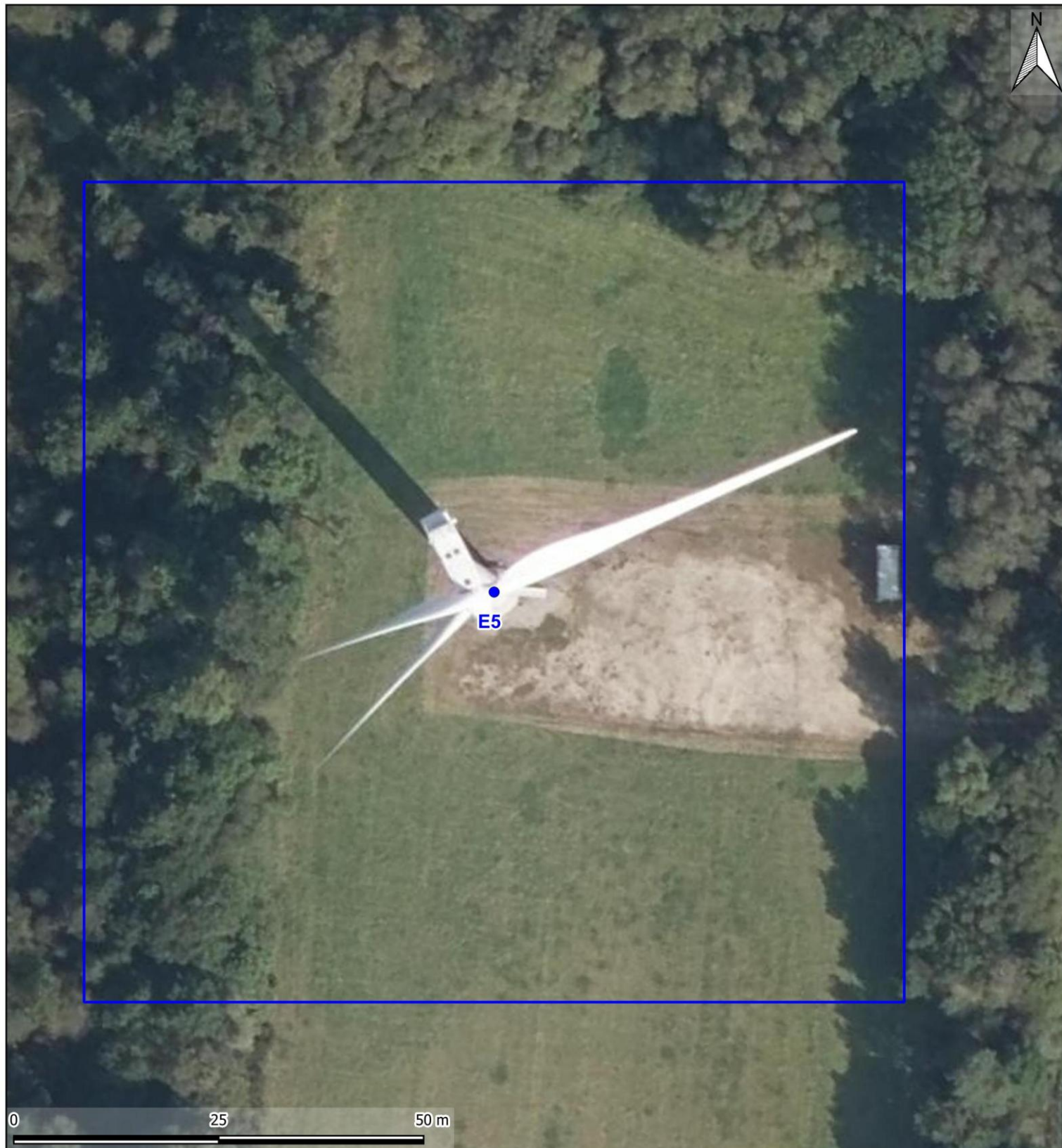
Figure 11 - Calendrier des passages de recherche des cadavres			
Thème d'étude	Date	Conditions météorologiques	Opérateur
Recherche de cadavres	31/03/2025	5Km/h E, 0%, 10°C	MLP
Recherche de cadavres	07/04/2025	5Km/h NE, 0%, 18°C	MLP
Recherche de cadavres	14/04/2025	10Km/h S, 100%, 14°C	MLP
Recherche de cadavres	22/04/2025	10Km/h OSO, 65%, 10°C	MLP
Recherche de cadavres	28/04/2025	10Km/h E, 0%, 15°C	MLP
Recherche de cadavres	06/05/2025	25Km/h NNE, 100%, 13°C	MLP
Recherche de cadavres et dépôt des cadavres tests + test observateur	12/05/2025	10Km/h ESE, 100%, 13°C	MLP, HLG
Contrôle de la persistance des cadavres	13/05/2025	14Km/h SSE, 100%, 17°C	MLP
Contrôle de la persistance des cadavres	14/05/2025	9Km/h E, 70%, 21°C	MLP
Contrôle de la persistance des cadavres	16/05/2025	18Km/h NE, 15%, 18°C	MLP
Contrôle de la persistance des cadavres	19/05/2025	14Km/h NE, 0%, 18°C	MLP
Recherche de cadavres	26/05/2025	16Km/h OSO, 75%, 16°C	MLP
Recherche de cadavres	03/06/2025	30Km/h SO, 100%, 17°C	MLP
Recherche de cadavres	10/06/2025	6Km/h N, 0%, 21°C	MLP
Recherche de cadavres	16/06/2025	6Km/h NE, 0%, 20°C	MLP
Recherche de cadavres	23/06/2025	5Km/h NE, 50%, 26°C	RQUE, ALUC
Recherche de cadavres	30/06/2025	12Km/h SE, 0%, 27°C	MLP
Recherche de cadavres	07/07/2025	26Km/h NNO, 70%, 20%	MLP
Recherche de cadavres	15/07/2025	20Km/h OSO, 90%, 19°C	MLP
Recherche de cadavres	21/07/2025	15Km/h O, 80%, 19°C	MLP
Recherche de cadavres	28/07/2025	28Km/h NNO, 70%, 20°C	MLP
Recherche de cadavres	04/08/2025	15Km/h SO, 10%, 30%	MLP
Recherche de cadavres	11/08/2025	14Km/h E, 50%, 20°C	MLP
Recherche de cadavres	18/08/2025	15Km/h E, 100%, 22°C	MLP
Recherche de cadavres	25/08/2025	11Km/h SE, 0%, 25°C	MLP
Recherche de cadavres	01/09/2025	19Km/h SO, 70%, 19°C	CHB
Recherche de cadavres	08/09/2025	15Km/h OSO, 30%, 20°C	MLP
Recherche de cadavres et dépôt des cadavres tests + test observateur	15/09/2025	30Km/h O, 50%, 18°C	MLP, HLG
Contrôle de la persistance des cadavres	16/09/2025	14Km/h OSO, 100%, 18°C	MLP
Contrôle de la persistance des cadavres	17/09/2025	20Km/h SO, 90%, 17°C	MLP
Contrôle de la persistance des cadavres	18/09/2025	14Km/h SSO, 100%, 18°C	MLP
Recherche de cadavres + Contrôle de la persistance des cadavres	22/09/2025	20Km/h NE, 10%, 14°C	MLP
Recherche de cadavres	29/09/2025	13Km/h NNE, 0%, 15°C	MLP
Recherche de cadavres	06/10/2025	6Km/h OSO, 0%, 12°C	MLP
Recherche de cadavres	13/10/2025	18Km/h ENE, 0%, 13°C	MLP
Recherche de cadavres	20/10/2025	31Km/h SO, 80%, 14°C	MLP
Recherche de cadavres	28/10/2025	14Km/h SO, 0%, 13°C	LM

2.1. Surfaces et transects de prospection

L'étude de la mortalité s'est traduite par des recherches à vue autour de l'éolienne E5. Le protocole appliqué a été celui préconisé dans le protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres de 2018, à savoir réaliser des transects de prospection d'un minimum de 100 mètres ou, en cas de diamètre de rotor supérieur, de la taille du diamètre des pales. Dans le cas de l'éolienne E5 de Radenac, le diamètre des pales étant de 100 mètres ou moins, c'est un carré de 100 mètres de côté qui a été parcouru.

Des transects ont été délimités sous l'éolienne E5, chacun d'entre eux étant parcouru d'un pas lent et régulier de manière à couvrir une bande de 5 mètres de large. **Seule l'éolienne E5 a été contrôlée.**





Carte 8 - Cartographie de l'aire de contrôle autour de l'éolienne

LEGENDE

Parc éolien suivi :

- Eolienne
- Zone de recherche

2.2. Compilation des données

La position du cadavre (coordonnées GPS, orientation par rapport à l'éolienne, distance du mât), son état (cadavre frais, vieux de quelques jours, en décomposition, restes...) ainsi que le type de blessures et l'habitat où il a été trouvé ont été notés, photographiés et cartographiés. Pour chaque carcasse trouvée, les données suivantes ont été consignées :

- Date ;
- Eolienne ;
- Observateur ;
- Nom de l'espèce ;
- Etat du cadavre (frais, avancé, décomposé, sec) ;
- Cause présumée de la mort ;
- Type d'habitat entourant le cadavre ;
- Latitude et longitude (Lambert 93) ;
- Distance entre le cadavre et l'éolienne.

2.3. Modèles d'estimation du taux de mortalité

Comme préconisé par le guide de suivi 2018, 3 modèles mathématiques sont proposés pour le calcul des cas de mortalité. L'application « Shiny, Eolapp » mise à disposition en ligne par le CNRS a également été utilisée afin d'obtenir des intervalles de confiance.

2.3.1. Indice d'Erickson (2000)

$$N = \left(\frac{I \times C}{\bar{t} \times Z} \right) \times A$$

Avec :

I : Durée de l'intervalle de temps, équivalent à la fréquence de passage (en jours) ;

C : Nombre de cadavres comptés ;

Z : Efficacité de l'observateur (taux de détection) ;

A : Coefficient de correcteur surfacique tel que :

$$A = 1 + \left(1 - \frac{\text{Taux de surface réellement prospectée}}{\text{Taux de surface prospectable}} \right)$$

$\bar{t}$: Durée moyenne de persistance d'un cadavre en jours avec :

$$\bar{t} = \frac{\sum_{i=1}^n PM(\text{nombre de cadavres disparus à } J_i)}{\text{Nombre de cadavres total déposés}}$$

NB : nous avons ajouté l'indice de correction surfacique à l'équation de base afin de ramener l'estimation produite à la surface réellement prospectée comme pour les autres modèles utilisés.

2.3.2. Indice de Jones (2009)

$$N = \left(\frac{C}{Z \times P \times \hat{e}} \right) \times A$$

L'indice de Jones admet plusieurs postulats pour le calcul. Il considère que le taux de mortalité est constant sur l'intervalle de temps considéré, que la durée de persistance d'un cadavre suit une loi exponentielle négative et que la probabilité de disparition moyenne sur l'intervalle correspond à la probabilité de disparition d'un cadavre tombé à la moitié de l'intervalle. La variable P devient alors :

$$\bullet P = \exp(-0.5 \times I/\bar{t})$$

Est également rajouté le terme d'intervalle effectif, puisque plus l'intervalle est long, plus le taux de persistance est faible. Cet intervalle effectif, noté $\hat{I}$, correspond à la durée au-delà de laquelle le taux de persistance p est inférieur à 1%. Dans le calcul, I prendra la valeur minimale entre I et $\hat{I}$ (Jones 2010, communication personnelle).

Avec :

$\hat{e}$: Coefficient correcteur de l'intervalle : $\frac{\text{Min}(I;\hat{I})}{I}$

$$\hat{I} = -\log(0.01) \times \bar{t}$$

2.3.3. Indice de Huso (2010)

Tout en gardant l'hypothèse de Jones que la mortalité est constante au cours du temps, il considère que la probabilité de disparition à la moitié de l'intervalle n'est pas égale à la probabilité moyenne de persistance d'un cadavre p (LPO Drôme). Dans le calcul, I prendra la valeur minimale entre I et $\hat{I}$.

$$\text{Ce qui donne : } P = \frac{\bar{t} \times (1 - \exp^{-I/\bar{t}})}{I}$$

Et donc :

$$\bullet N_{\text{estimé}} = \left(\frac{C}{Z \times \frac{\bar{t} \times (1 - \exp^{-I/\bar{t}})}{I} \times \hat{e}} \right) \times A$$

2.3.4. Shiny – EolApp et Genest

Ces applications permettent d'éviter les erreurs d'application des différentes équations présentées ci-dessus.

Shiny donne ainsi une valeur médiane mais également des intervalles de confiance à 80 et 95% pour chaque estimation proposée (Erickson, Huso et Jones).

GenEst donne une valeur médiane mais également des intervalles de confiance à 90% pour les données fournies.

L'intervalle de confiance représente une étendue de valeurs probables dans laquelle se trouve l'estimation de la mortalité et chacune des valeurs est tout autant possible qu'une autre. En prenant un niveau de confiance à 80%, il y a 80 chances sur 100 pour que la valeur de la mortalité soit bien comprise entre la borne inférieure et celle supérieure.

Lorsqu'un intervalle est très grand, il atteste de l'imprécision des statistiques et montre une mauvaise représentativité des résultats. Les conclusions sont donc délicates et à considérer à la lumière de cette imprécision.

Les calculs se basent sur les données de terrain renseignées dans le logiciel et propres au parc étudié et considèrent donc les mêmes formules et les mêmes indices que les équations présentées précédemment.

3. Détermination des coefficients de correction

3.1. Tests de persistance des cadavres (t)

Un test a été réalisé quelques jours après le démarrage des prospections, en mai, et un second en septembre après les moissons. Au total, 5 leurres (3 souris et 2 poussins) ont été déposés sous l'éolienne E5 suivie du parc éolien de Radenac.

Chaque carcasse déposée a fait l'objet d'une localisation par GPS et a été cherchée à J+1, J+2 et J+3 ou J+4 et si besoin J+7 et J+10 puis lors de chaque passage suivant jusqu'à disparition totale.

La durée de persistance est supposée constante sur la saison.

Durée de persistance des cadavres :

$$\bar{t} = \frac{\sum_{i=1}^n PM(\text{nombre de cadavres disparus à } J_i)}{\text{Nombre de cadavres total déposés}}$$

Figure 13 - Tableau de calcul des durées de persistance par éolienne								
Saison	Date de prospection		Eoliennes					Moyenne
			E1	E2	E3	E4	E5	
Période printanière	Leurres déposés	12/05/2025	-	-	-	-	5	5
	Leurres retrouvés	13/05/2025	-	-	-	-	5	5
		14/05/2025	-	-	-	-	5	5
		16/05/2025	-	-	-	-	1	1
		19/05/2025	-	-	-	-	0	0
		20/05/2025	-	-	-	-	0	0
		21/05/2025	-	-	-	-	0	0
	Durée de persistance (P)		-	-	-	-	3,5	3,5
Période automnale	Leurres déposés	15/09/2025	-	-	-	-	5	5
	Leurres retrouvés	16/09/2025	-	-	-	-	5	5
		17/09/2025	-	-	-	-	4	4
		18/09/2025	-	-	-	-	3	0
		22/09/2025	-	-	-	-	0	0
		-	-	-	-	-	-	-
	Durée de persistance (P)		-	-	-	-	3,8	3,8

La durée de persistance moyenne est de 3,65 jours.

3.2. Tests d'efficacité des observateurs (Z)

Un test d'efficacité de l'observateur a été réalisé en même temps que la pose des cadavres pour les tests de persistance, soit en mai et en septembre.

Celui-ci permet de déterminer le taux de découverte des cadavres. L'objectif de cette démarche est d'estimer le pourcentage de chauves-souris ou d'oiseaux morts ayant échappé à la vue de l'observateur pour avoir une idée de leur efficacité.

Coefficient d'efficacité de l'observateur :

$$Z = \frac{\text{Nombre de cadavres retrouvés}}{\text{Nombre de cadavres déposés}}$$

L'efficacité des observateurs peut être influencée par plusieurs éléments :

- La composition du couvert végétal, sa hauteur et sa densité.
- La structure du sol (plateforme bétonnée, culture humide...).
- Les conditions météorologiques.
- L'expérience et la condition physique de l'observateur (qualité d'observation, fatigue, motivation, concentration).

Pour ce test, 3 souris et 2 poussins ont été disposés aléatoirement dans l'aire de contrôle de l'éolienne E5 suivie. Les coordonnées GPS de chaque cadavre déposé ont été systématiquement relevées afin de pouvoir retrouver les individus non observés au terme du test. Immédiatement après le dépôt des cadavres par l'enquêteur A, l'enquêteur B a effectué

son protocole de prospection habituel et a relevé le nombre de cadavres observés lors de sa prospection.

Figure 14 - Taux de découverte des cadavres par éolienne								
Saison	Date de prospection		Eoliennes					Moyenne
			E1	E2	E3	E4	E5	
Période printanière	Leurres déposés	12/05/2025	-	-	-	-	5	5
	Leurres retrouvés		-	-	-	-	5	5
	Taux de découverte des cadavres (Z)		-	-	-	-	1,0	1,0
Période automnale	Leurres déposés	15/09/2025	-	-	-	-	5	5
	Leurres retrouvés		-	-	-	-	5	5
	Taux de découverte des cadavres (Z)		-	-	-	-	1,0	1,0

Le taux moyen d'efficacité de prospection est de 1,0.

Figure 15 - Taux d'efficacité des opérateurs réguliers		
Opérateur	Nombre de leurres retrouvés	% d'efficacité de recherche
Mewen LE PALLEC (MLP)	10/10	100 %

2.3. Calcul du coefficient de correction surfacique (A)

2.3.1. Situation environnementale du parc

Le parc éolien de Radenac se place dans un contexte bocager alternant cultures intensives, prairies, haies et bosquets. L'éolienne E5 est localisée à moins de 50 mètres d'une lisière arborée.

2.3.2. Assolement

L'assolement des parcelles cultivées est variable chaque année et même au cours de l'année. Des phases de labour, de semis, de cultures hautes et de récolte alternent donc, impactant fortement la détectabilité des cadavres.

Les recherches ont consisté à prospecter à pied les zones de surplomb et à identifier les grands types d'habitats visuellement identifiables et à les rapprocher de la typologie EUNIS adéquate. Les habitats déterminés sont nommés d'après la typologie EUNIS (parfois renommé pour apporter une précision, le code EUNIS est bien sûr conservé et permet de faire le lien avec la dénomination du référentiel), système hiérarchisé de classification des habitats européens.

Les surfaces de recherches sont majoritairement concernées par des **prairies humides**. Le reste est occupé par les plateformes, les chemins d'accès, les haies et les boisements. Aucun habitat déterminant n'a été identifié dans la zone de recherche.

Figure 16 - Pourcentages d'occupation de chaque habitat au sein de la surface de prospection		
Habitat (Eunis)		Pourcentage occupé dans la zone de surplomb
		E5
Plateforme d'éolienne et chemins (EUNIS mal défini, à rapprocher de J4)		9,6
Prairie humide (à rapprocher de E3)		57,2
Prairie mésique (E2)		2,6
Boisements (G)		30,6
Haie (FA)		0
Monocultures intensives (I1.1.)	Maïs	0
	Pomme de terre	0

La différence de rapport surfacique sur les trois dernières années pour certains habitats, notamment les haies et boisements, s'explique par la requalification de ceux-ci en haies ou boisement.



Carte 9 - Cartographie des habitats présents sous l'éolienne E5

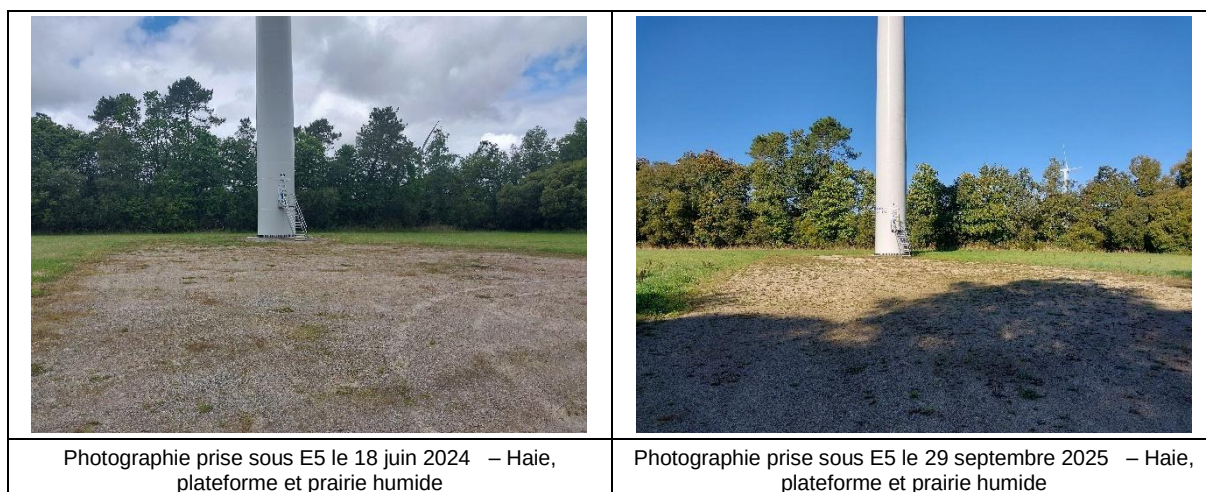
LEGENDE

Parc éolien suivi :

- Eolienne
- Zone de recherche

Habitat :

- Boisement
- Plateforme
- Prairie humide



La hauteur du couvert dépend donc de l'avancement de la prairie humide. Dès que la végétation devient dense et dépasse les 10 cm de hauteur, la visibilité baisse fortement et la surface devient de fait non prospectable.

Un pourcentage de surface contrôlée, propre à chaque journée d'investigation a, dans ce cas, été déterminé. L'indice de correction surfacique se base sur ce pourcentage de prospection.

Certains évènements particuliers ont fortement influencé le pourcentage de prospection, comme le fait que la végétation ait trop poussé pour être parcourue ou au contraire, la moisson. Ceux-ci sont indiqués dans les graphiques suivants.

Coefficient de correction de surface :

$$A = 1 + \left(1 - \frac{\text{Pourcentage de surface réellement prospecté}}{\text{Pourcentage de surface théorique}}\right)$$

Figure 17 - Surfaces prospectées autour des éoliennes

Saison	Date	Eolienne
		E5
		Surface prospectée en %
Transits printaniers et migrations prénuptiales	31/03/2025	17
	07/04/2025	32
	14/04/2025	32
	22/04/2025	27
	28/04/2025	27
	06/05/2025	17
	12/05/2025	12
	19/05/2025	12
	26/05/2025	12
Taux de prospection moyen		0,21
Coefficient de correction surfacique (A)		1,79
Mise-bas et nidification	03/06/2025	68
	10/06/2025	68
	16/06/2025	68

Figure 17 - Surfaces prospectées autour des éoliennes		
Saison	Date	Eolienne
		E5
		Surface prospectée en %
	23/06/2025	68
	30/06/2025	68
	07/07/2025	68
	15/07/2025	68
	21/07/2025	68
	28/07/2025	68
	04/08/2025	38
	11/08/2025	38
Taux de prospection moyen		0,63
Coefficient de correction surfacique (A)		1,37
Transits automnaux et migrations postnuptiales	18/08/2025	38
	25/08/2025	38
	01/09/2025	38
	08/09/2025	38
	15/09/2025	12
	22/09/2025	12
	29/09/2025	12
	06/10/2025	12
	13/10/2025	12
	20/10/2025	12
	28/10/2025	12
Taux de prospection moyen		0,21
Coefficient de correction surfacique (A)		1,79

Influence du taux de prospection : Cultures trop hautes ou trop denses / Moisson ou fauche récente / Maintenance, travaux agricoles en cours, bétail ou battue empêchant la prospection

Le pourcentage de prospection printanier est de 21%, l'estival de 63% et l'automnal de 21%. Ils varient selon le couvert végétal des parcelles prospectées. Le taux moyen de prospection est de 0,35.

4.Limites du suivi de mortalité

Il existe plusieurs facteurs qui mènent à une mauvaise estimation de la mortalité :

- La disparition des cadavres entre le moment où l'individu meurt et le moment de la recherche sur le terrain (prédation par les charognards, enfouissement par des insectes nécrophages et dégradation rapide). Ce taux de prédation dépend du type de cadavre, des saisons, des prédateurs présents, de leur spécialisation...
- La difficulté à repérer les animaux, en particulier pour les animaux de petite taille et pendant les périodes où la végétation est la plus haute. L'efficacité de l'observateur peut dépendre de la croissance de la végétation, des capacités de l'observateur, de sa fatigue, des conditions météorologiques... L'efficacité de l'observateur, liée à la recherche de leurres ici représentés par des souris, peut entraîner un biais. En effet,

les détectabilités des espèces varient selon leur taille ou la couleur de leur pelage, tandis que les tests sont faits uniformément sur des cadavres de souris identiques.

- La réduction ponctuelle de la surface de prospection en fonction des conditions locales (zones inondées, forte densité des cultures...). Cette variable dépend de la hauteur des cultures pratiquées et de la topographie du site. Les pratiques agricoles, auxquelles la plupart des habitats prospectés sont soumis, tendent vers une modification complète du milieu. La recherche des cadavres est donc impossible pendant les périodes où les cultures sont hautes.
- Le « crippling loss », c'est-à-dire les individus qui subissent des dommages au niveau de l'éolienne, mais meurent quelques mètres plus loin, en dehors des surfaces prospectées. Ceci n'est pas pris en compte par les modèles de calcul disponibles à ce jour.

Les différents indices calculés grâce aux tests permettent de réduire l'influence de ces biais, mais ils ne peuvent pas totalement permettre de s'en affranchir. **Les estimations sont donc à considérer avec précaution.**

5. Résultats des expertises de terrain

5.1. Bilan des cadavres observés

5.1.1. Synthèse des cas répertoriés

Lors des 31 passages de prospection, aucun cadavre n'a été découvert.

5.2. Estimation de la mortalité

5.2.1. Modèles d'Erickson, de Jones et d'Huso

Le tableau ci-dessous présente les résultats des recherches de mortalité par éolienne et par saison suivant les formules d'Erickson, Jones et Huso.

Les estimations sont données en nombre de cadavres par éolienne pour la période considérée. Lorsqu'aucun cadavre n'a été trouvé au cours de nos prospections, le **N estimé** n'est pas calculable (-). Pour autant, cela ne signifie pas qu'aucun individu n'a été tué au cours de la saison par l'éolienne concernée. Aucun test de détection et test de persistance n'a été réalisé en période printanière, ainsi la moyenne des tests a été utilisé au printemps.

Figure 18 - Résultats des estimations de mortalité de l'avifaune (en nombre de cadavres/éolienne pour la période étudiée)		
Période	Variable	Eolienne
		E5
Transits printaniers et migrations prénuptiales	C	0
	Z	1,00
	I	6,22
	î	7,00
	ê	1,00
	t	3,50
	A	1,79
	Erickson N _{estimé}	-
	Jones N _{estimé}	-
	Huso N _{estimé}	-
Mise-bas et nidification	C	0
	Z	-
	I	6,27
	î	-
	ê	1,00
	t	-
	A	1,374
	Erickson N _{estimé}	-
	Jones N _{estimé}	-
	Huso N _{estimé}	-
Transits automnaux et migrations postnuptiales	C	0
	Z	1,00
	I	6,45
	î	7,60
	ê	1,00

	t	3,80
	A	1,785
	Erickson N _{estimé}	-
	Jones N _{estimé}	-
	Huso N _{estimé}	-

Figure 19 - Résultats des estimations de mortalité des chiroptères (en nombre de cadavres/éolienne pour la période étudiée)		
Période	Variable	Eolienne
		E5
Transit printanier et nidification	C	0
	Z	1,00
	I	6,22
	Î	7,00
	ê	1,00
	t	3,50
	A	1,79
	Erickson N _{estimé}	-
	Jones N _{estimé}	-
	Huso N _{estimé}	-
Mise-bas et nidification	C	0
	Z	-
	I	6,27
	Î	-
	ê	1,00
	t	-
	A	1,374
	Erickson N _{estimé}	-
	Jones N _{estimé}	-
	Huso N _{estimé}	-
Transit automnal et migrations postnuptiales	C	0
	Z	1,00
	I	6,45
	Î	7,60
	ê	1,00
	t	3,80
	A	1,785
	Erickson N _{estimé}	-
	Jones N _{estimé}	-
	Huso N _{estimé}	-

Figure 20 - Résultats des estimations de mortalité par éolienne				
Eolienne	Mortalité brute	Estimations		
		Erickson	Jones	Huso
Avifaune				
E5	0	-	-	-
Chiroptères				
E5	0	-	-	-

5.2.2. Shiny

Le CNRS a mis en ligne un outil permettant de calculer les intervalles de confiance des estimations de mortalité des suivis sous les éoliennes. Ces estimations reposent sur des processus d'échantillonnage multiple à partir des données brutes spécifiques à l'étude réalisée. Le logiciel ne prend en charge qu'une valeur par indice et des moyennes ont donc été utilisées par rapport aux résultats précédemment présentés par saisons. **La méthode non paramétrique a été retenue en raison du faible jeu de données utilisé.**

Figure 21 - Paramètres utilisés sur la plateforme Shiny				
Paramètre	Printemps	Été	Automne	Shiny
Efficacité observateur (%)	100	100	100	100
Persistance (jours)	3,5	3,65	3,8	Calculée par le logiciel
Pourcentage de prospection (%)	21	63	21	35
Intervalle (jours)	6,22	6,27	6,45	6,32

Figure 22 - Résultats des estimations de mortalité - Outil Shiny					
Formule	Médiane	IC 2.5	IC 97.5	IC 0.10	IC 0.90
Erickson	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Huso	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Winkelmann	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Jones	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

5.2.3. GenEst

Le CNRS a mis en ligne un second outil permettant de calculer les intervalles de confiance des estimations de mortalité des suivis sous les éoliennes. Ces estimations reposent sur des processus d'échantillonnage multiple à partir des données brutes spécifiques à l'étude réalisée. Le logiciel prend en charge les données récoltées sous forme de tableaux (calendrier de passages, test d'efficacité de recherche et de persistance, nombre de cadavres découverts, surface moyenne prospectée par éolienne) puis réalise le calcul de l'estimation.

Cependant, en l'absence de cas de mortalité, GenEst n'est pas en capacité de réaliser une estimation de mortalité.

5.2.4. Synthèse

Figure 23 - Résultats des estimations de mortalité (en nombre de cadavres/période)				
Parc entier	Nombre de cadavres estimé			
	Printemps	Eté	Automne	Total
Erickson Nestimé	0	0	0	0
Jones Nestimé	0	0	0	0
Huso Nestimé	0	0	0	0
Huso Shiny (95%)				0 [0-0]
GenEst (90%)				0 [0-0]

Figure 24 - Résultats des estimations de mortalité par taxon		
Parc entier	Nombre de cadavres estimés	
	Avifaune	Chiroptères
Erickson Nestimé	0	0
Jones Nestimé	0	0
Huso Nestimé	0	0
Huso Shiny (95%)	0 [0-0]	0 [0-0]
GenEst (90%)	0 [0-0]	0 [0-0]

Les calculs projettent, d'après HUSO, une mortalité nulle sur l'éolienne suivie. Les plateformes Shiny et GenEst, en l'absence de cas de mortalité, ne peuvent pas calculer d'estimation.

Il convient de considérer ces projections avec prudence. L'absence de cadavres détectés par les équipes de terrain lors des prospections n'exclut pas totalement la possibilité qu'une mortalité ait pu survenir.

6. Analyse des résultats et discussion

6.1. Analyse des cas de mortalité observés

6.1.1. Causes des interactions avec les éoliennes

La littérature est abondante concernant la mortalité des oiseaux et des chiroptères causée par les structures humaines. La collision avec les éoliennes est richement documentée.

Figure 25 - Inventaire des principaux facteurs pouvant entraîner des collisions		
Facteur	Taxon	Explication
		Le brouillard, la pluie, mais également les vents forts peuvent entraîner une mauvaise visibilité ainsi qu'une difficulté de manœuvre pour les oiseaux.
		Les chauves-souris évitent de circuler lorsqu'il pleut, qu'il fait trop froid ou que le vent est trop fort, car cela nuit à l'abondance des insectes et ne leur permet donc pas de maintenir un ratio apport/dépense énergétique positif. Elles préfèrent donc voler par temps clair, vent faible et lorsque les températures sont douces.
		La nuit, la visibilité est très réduite. Les migrateurs nocturnes, qui sont par ailleurs généralement des oiseaux diurnes qui choisissent de circuler de nuit pour échapper aux prédateurs sont plus sujets à la collision en raison du manque de repères visuels. Ils ne sont pas adaptés à la détection d'obstacles dans le noir.
		Les périodes de migration sont plus dangereuses que celles de reproduction et d'hivernage. En effet, en hiver, les oiseaux limitent généralement leurs déplacements pour économiser leur énergie tandis qu'en été, ils sont souvent cantonnés à un territoire de nidification assez restreint, ce qui limite leurs déplacements. Ils bougent également le plus souvent à faible altitude, simplement pour relier leurs zones de repos à celles de nourrissage. En revanche, pour migrer, les oiseaux ont souvent tendance à s'élever à des hauteurs qui leur permettent de s'affranchir des obstacles inhérents au sol (arbres, constructions humaines type habitations...). Ils se retrouvent alors facilement dans la fenêtre de rotation des pales. Le fait d'évoluer en groupe est également plus accidentogène, tout comme celui de migrer de nuit (voir point précédent).
		Comme pour les oiseaux, les périodes de migration sont généralement les plus dangereuses. En effet, en hiver, les chiroptères sont en sommeil (risque nul). En été, les femelles restent généralement dans un rayon d'éloignement assez restreint vis-à-vis de leur lieu de mise-bas car leurs petits ont besoin de leur chaleur pour survivre. Elles sortent donc dans l'unique but de se nourrir vite et efficacement. Certaines espèces sont migratrices (noctules et Pipistrelle de Nathusius) et réalisent donc un trajet de plusieurs centaines de kilomètres entre leurs gîtes de mise-bas et ceux d'hivernation. Pendant ces déplacements, elles circulent souvent à des altitudes plus élevées pour éviter les obstacles et émettent moins de signaux d'écholocation, non seulement pour économiser leurs forces, mais aussi parce qu'en théorie, les obstacles doivent être rares. Elles sont donc plus à même de se laisser surprendre par les pales en fonctionnement.
		La lumière peut attirer les oiseaux (phénomène de phare) et notamment les migrateurs. Il est recommandé de ne pas éclairer les éoliennes et de préférer une lumière intermittente blanche plutôt que rouge.

Figure 25 - Inventaire des principaux facteurs pouvant entraîner des collisions

Facteur	Taxon	Explication
		La lumière peut attirer les insectes, source de nourriture des chiroptères qui viennent donc chercher leurs proies là où elles se trouvent.
		La position d'un aérogénérateur en fonction des enjeux écologiques est souvent déterminée lors de l'étude d'impact initiale. Il y a donc des risques différents selon le secteur d'implantation et il est donc commun qu'une éolienne soit plus accidentogène que sa voisine directe. Les haies, arbres et boisements peuvent également attirer bon nombre d'oiseaux (potentialité de reproduction, de nourrissage et de refuge). Les éoliennes situées près de tels habitats sont donc obligatoirement plus à risques que celles placées en plein champ. Sur le parc de Radenac, l'éolienne E2 est plus éloignée des linéaires arborés et a fait l'objet d'une moindre mortalité chiroptérologique en 2023 comparée aux éoliennes E1, E4 et E5.
		Tout élément du paysage susceptible d'attirer les insectes est donc attractif pour les chauves-souris. Les arbres, haies, broussailles et les boisements sont donc des habitats prisés par cette faune. Les éoliennes situées près de tels habitats sont donc nécessairement plus à risques que les autres. Eurobats préconise un éloignement de 200 mètres de tout élément arboré. Au sein du parc éolien de Radenac, les éoliennes sont situées à moins de 50 mètres d'une lisière boisée (à l'exception de E2 et E3).
		Comme pour le positionnement des éoliennes au sein d'un parc, les effets cumulés de plusieurs parcs les uns par rapport aux autres peuvent entraîner un risque plus grand. Les migrateurs notamment doivent réagir et ajuster leur trajectoire de manière répétée, ce qui entraîne des mouvements parfois anarchiques, désorganisés et de dernière minute qui fatiguent et désorientent les groupes, augmentant le risque de collision. Ces effets cumulés peuvent aussi exister entre un parc et d'autres structures comme une ligne électrique ou des bâtiments.
		Comme pour les oiseaux, la rencontre d'obstacles multiples peut entraîner des pertes énergétiques de contournement ou d'évitement qui peuvent nuire aux individus déjà affaiblis par la migration et entraîner des souffrances qui augmentent les collisions.
		La sensibilité à l'éolien est en effet très variable d'une espèce à l'autre. Les rapaces sont notamment concernés, car ils chassent souvent dans des habitats propices à l'installation d'éoliennes. Leurs comportements et leur aisance à prendre de la hauteur augmentent fortement le risque de collision. Les migrateurs sont également plus exposés, car ils circulent généralement en groupe, créant un effet de dilution de vigilance. Ceux appréciant d'alterner des phases de vol et de repos/alimentation dans les champs sont également concernés par ils réalisent des décollages et des atterrissages fréquents qui les font traverser les surfaces de rotation.
		La sensibilité est également directement liée à l'espèce, les chauves-souris ubiquistes c'est-à-dire celles à l'aise avec une circulation en espace ouvert sont davantage susceptibles de rencontrer des éoliennes que celles fortement liées aux boisements. Les migratrices sont également plus exposées à la collision en raison de leurs déplacements sur de longues distances et à des altitudes supérieures.

Les oiseaux, comme les chiroptères, ne percutent pas toujours que les pales en fonctionnement, mais également les mâts ou les nacelles. Le risque de collision dépend de l'espèce, du nombre d'individus, du comportement, mais également des conditions météorologiques (brouillard ou pluie qui rendent faible la visibilité du parc éolien par l'avifaune) et de la topographie du site (Drewitt et Langston 2006). Les chiroptères sont également susceptibles de subir un barotraumatisme entraînant la mort (Baerwald et al. 2008).

6.1.2. Rappel des cas de mortalité

Aucun cadavre n'a été retrouvé lors du suivi de l'éolienne E5 durant l'année 2025.

6.1.3. Age et sexe

L'état de conservation des carcasses retrouvées peut parfois rendre difficile l'identification de l'espèce et du sexe lorsque l'espèce présente un dimorphisme sexuel.

Aucun cadavre n'ayant été retrouvé lors du suivi de l'éolienne E5 durant l'année 2025, il n'y a pas eu de détermination de l'âge et du sexe.

6.1.4. Distance au mât

Aucun cadavre n'ayant été retrouvé lors du suivi de l'éolienne E5 durant l'année 2025, il n'y a pas eu de calcul de la distance moyenne au mât de l'éolienne.

6.1.5. Patrimonialité de l'avifaune et sensibilité à l'éolien des espèces

D'après le recensement des espèces impactées par l'éolien à l'échelle nationale par Dürr en 2025, le Martinet noir se classe 1er, avec 492 cas de mortalité recensés (et 6ème dans l'ouest de la France d'après Ouest'Am en 2020).

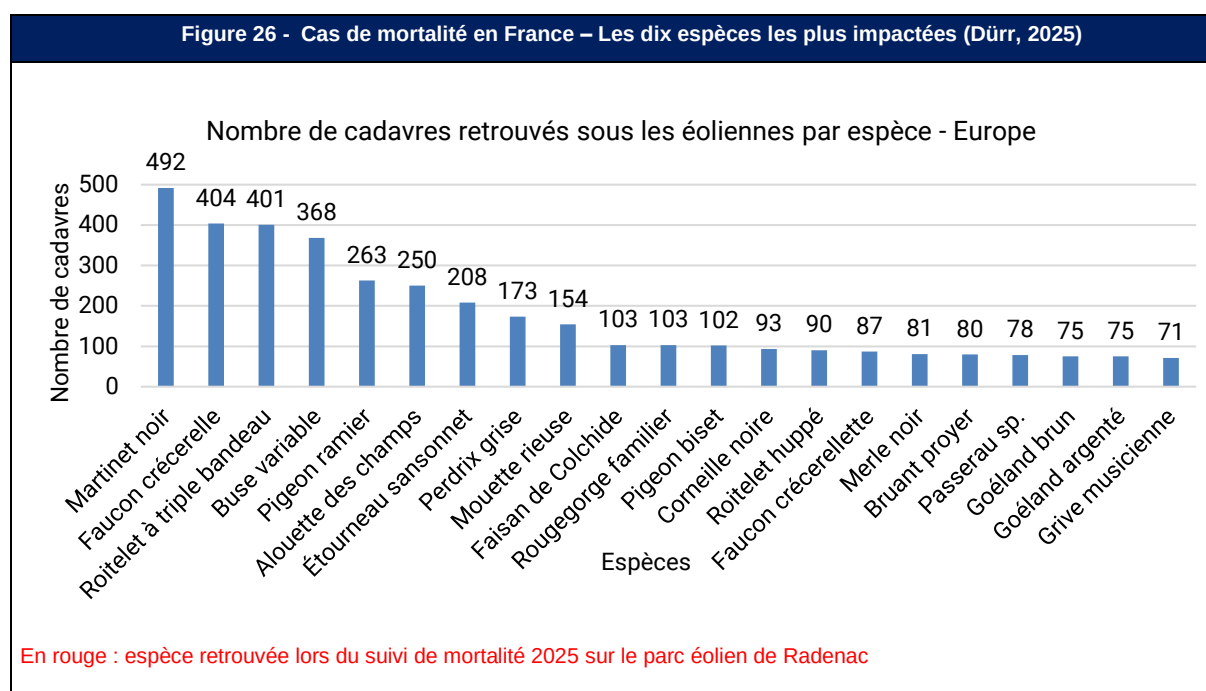
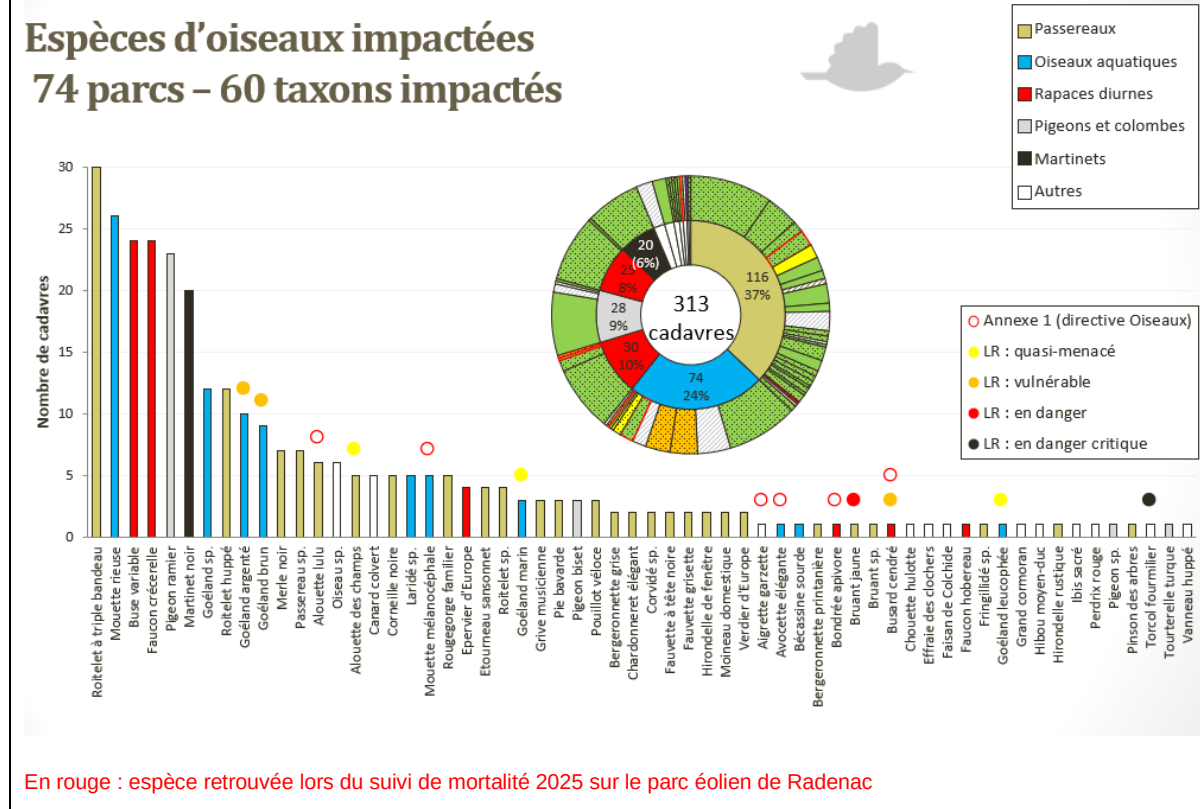


Figure 27 - Cas de mortalité dans l'ouest de la France entre 2010 et 2019 – Oiseaux (Ouest'Am 2020)

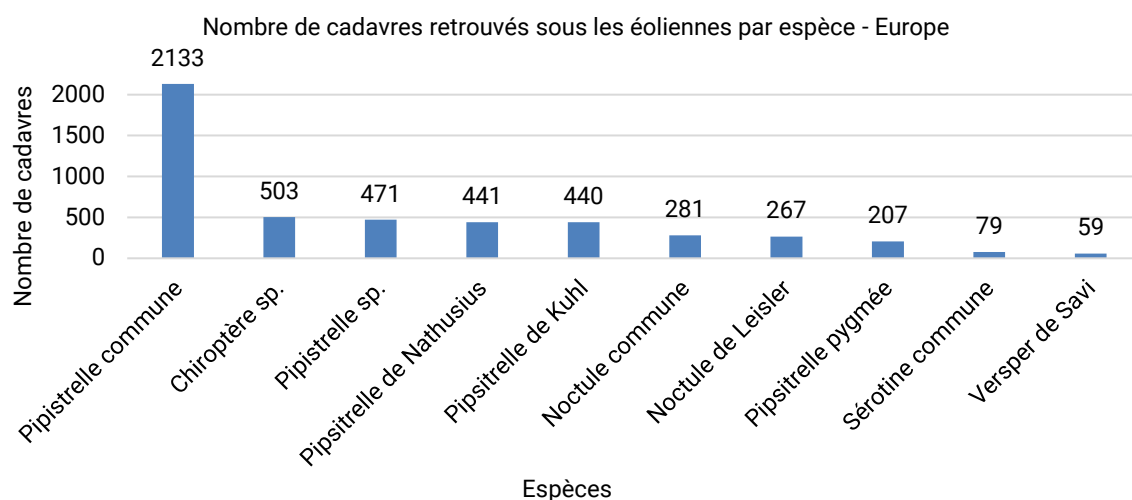


6.1.6. Patrimonialité de chiroptères et sensibilité à l'éolien des espèces

Les Pipistrelles (commune et de Kuhl) figurent parmi les cinq espèces les plus découvertes sous les éoliennes en France (Dürr, 2025), mais également parmi les trois espèces les plus fréquemment retrouvées sous les éoliennes dans l'ouest de la France, selon les données compilées par Ouest'Am entre 2010 et 2019.

- 2 133 cas pour la Pipistrelle commune (1^{er} en France) ;
- 503 pour les Chiroptères indéterminés (2^{ème} en France) ;
- 440 cas pour la Pipistrelle de Kuhl (5^{ème} en France).

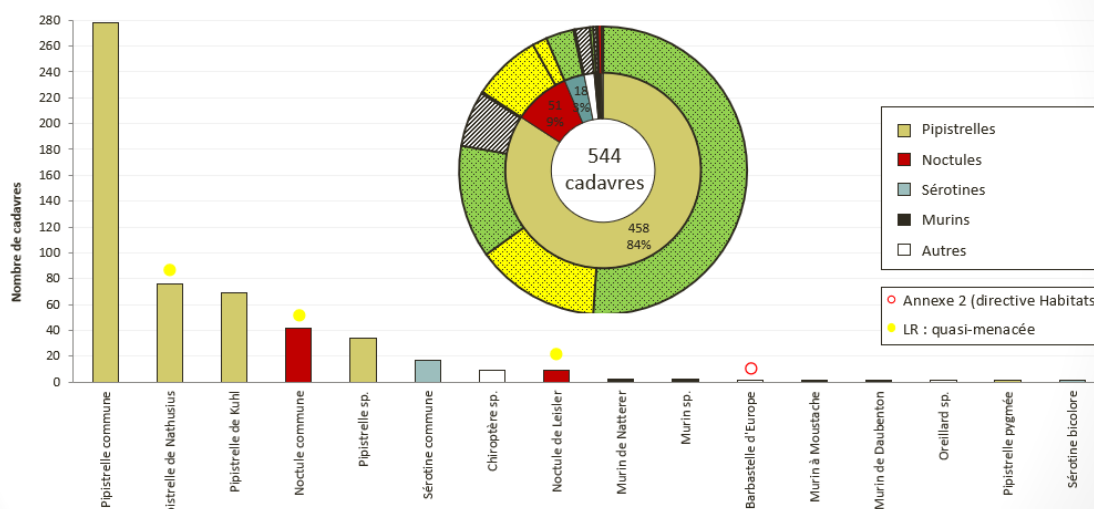
Figure 28 - Cas de mortalité en France – Chiroptères (Dürr, 2025)



En rouge : espèces retrouvées lors du suivi de mortalité 2024 sur le parc éolien de Radenac

Figure 29 - Cas de mortalité dans l'ouest de la France entre 2010 et 2019 – Chiroptères (Ouest'Am, 2020)

Espèces de chauves-souris impactées



En rouge : espèces retrouvées lors du suivi de mortalité 2024 sur le parc éolien de Radenac

6.2. Analyse des calculs de mortalité

6.2.1. Indices de correction

➤ Test observateur

Le test lié à l'efficacité de l'observateur est généralement mis en place deux fois par an (une fois au printemps/été et une fois à l'automne) de manière à s'adapter aux variations liées aux conditions météorologiques et à l'évolution des supports (hauteur de la végétation, état du sol...). Dans le cas du suivi de l'éolienne E5 du parc éolien de Radenac, ces deux tests ont bien été réalisés. Pour rappel, cinq leurres (trois souris et deux poussins) ont été placés au sein des carrés de prospection de l'éolienne à chaque reprise par une personne A, et une personne B a effectué ses transects de recherche en essayant de les repérer comme elle repérerait un cadavre.

L'indice d'efficacité de l'observateur est jugé bon sur la période de suivi (100%).

➤ Test de persistance

Après avoir disposé les cadavres tests au sein des parcelles, l'observateur a tenté de les retrouver grâce à leurs positions GPS. En règle générale, les cadavres disparaissent rapidement, que ce soit à cause de la prédation (par les renards, les rapaces, les insectes nécrophages...) ou éventuellement à cause des passages des engins agricoles dans les champs. En moyenne, d'après la bibliographie, environ la moitié des cadavres devraient disparaître dès les premières 48 heures.

Pour l'éolienne suivie (E5), au printemps 2025, la persistance est estimée à 3,5 jours en moyenne. En automne de la même année, elle est estimée à 3,8 jours en moyenne.

Le type de culture environnant, les prairies, la proximité des haies et des boisements ou tout simplement le hasard de la prospection d'animaux ont influencé cet indice.

Des fèces de sanglier et de renard ont été relevées sur le site et la présence de rapaces (Buse variable et Épervier d'Europe) et d'insectes augmentent la probabilité qu'un cadavre disparaisse rapidement. La persistance peut donc être très différente d'une éolienne à l'autre dans le temps en fonction de la présence des prédateurs mobiles.

La persistance est faible à modérée au printemps et à l'automne, mesurée à 3,5 jours au printemps et à 3,8 jours en automne. Soit une moyenne de 3,65 jours.

➤ Pourcentage de prospection et indice de correction de surface

De manière globale, se trouve sous une éolienne :

- une partie gravillonnée correspondant aux fondations du mât, au chemin d'accès et à la plateforme,
- une zone enherbée en friche se situant autour des fondations, souvent constituée de graminées plus ou moins hautes selon l'entretien et de terre meuble,
- une zone d'activité agricole ou de prairie.

Les parties gravillonnées offrent une visibilité maximale (sol nu), tandis que les zones de friches, si elles ne sont pas entretenues, en offrent une plutôt médiocre. Si le surplomb de l'éolienne concerne des zones boisées, il est impossible de les prospector. La valeur du taux de prospection est donc spécifique à une éolienne pour une période donnée, ici : la saison.

Dans le cas du parc étudié, l'éolienne E5 suivi est entourée de prairies humides et de boisement, et d'une grande plateforme aménagée autour. La hauteur au niveau des prairies humides peut périodiquement rendre des zones inaccessibles.

C'est pourquoi un indice de correction de surface (A) propre à chaque éolienne a été intégré dans tous les calculs. Plus la surface réellement prospectée s'approche de la surface théorique, plus les estimations sont précises, et plus la surface prospectée est faible, plus le risque d'erreur par surestimation du calcul est grand.

Le pourcentage de prospection est globalement bon en été (61%) et faible au printemps et en automne (21%). Le taux de prospection moyen est de 35%.

6.2.2. Note sur les méthodes utilisées

D'après une étude menée en région Rhône-Alpes par la LPO qui s'est penchée sur la justesse des différentes méthodes de calcul, il semblerait que l'indice d'Erickson ne soit pas pertinent lorsque la durée de persistance est trop élevée. Les méthodes de Jones et de Huso, qui fonctionnent à chaque fois, seraient les plus proches de la réalité.

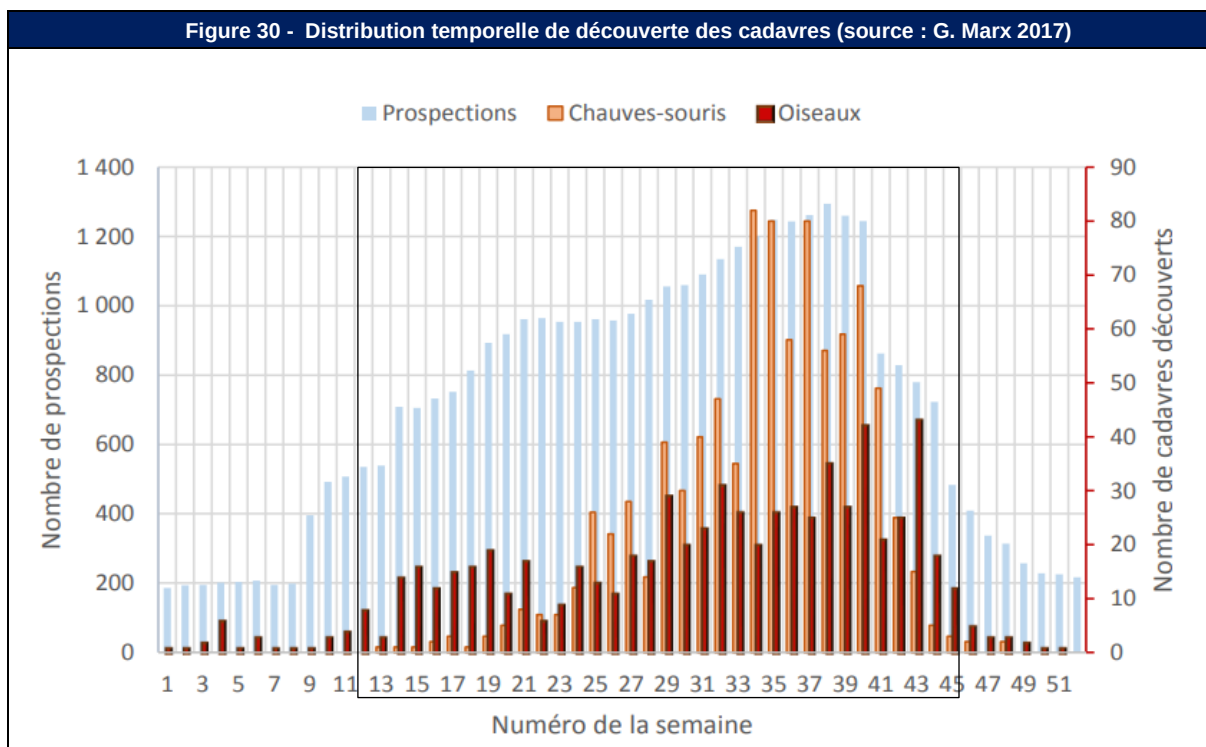
Une étude menée par la LPO Vendée confirme le choix de l'utilisation de cet indice, tandis que la LPO France préfère faire une moyenne des indices calculés.

Les analyses présenteront donc trois indices et les conclusions seront basées sur les calculs selon Huso, les intervalles de confiance étant issus de l'utilisation de Shiny et GenEst (CNRS).

A noter que les modèles d'estimation sont basés sur l'utilisation d'indices américains qui diffèrent fortement de ceux mis en évidence en Europe. La durée de persistance observée aux USA est notamment bien plus longue, ce qui fait que les calculs produits pour la France sont automatiquement surestimés, biaisés par un indice local de persistance trop faible.

6.2.3. Analyse temporelle des résultats

A partir des 31 passages de prospection, aucun cadavre n'a été découvert.



Le graphique précédent montre que la mortalité chiroptérologique augmente fortement entre les semaines 25 et 41.

Le suivi 2025 s'est concentré sur la période globalement la plus à risque pour les deux taxons (semaines 14 à 44).

6.2.4. Analyse spatiale de la mortalité

Suite au suivi 2025 sous l'éolienne E5, aucun cadavre n'a été découvert.

En l'absence de cas de mortalité, il est difficile de conclure sur la dangerosité de l'éolienne E5.

6.2.5. Analyse globale de la mortalité

Pour les oiseaux, les modèles prévoient 3,81 cas par éolienne, ce qui est inférieur aux projections de la LPO (7 oiseaux par éolienne et par an – LPO 2017). Dans le cadre d'une présentation de la France Energie Eolienne (FEE), le bureau d'études Ouest'Am a présenté la mortalité de 74 parcs éoliens du nord-ouest de la France (soit 349 éoliennes) obtenu lors de suivis environnementaux réalisés entre 2010 et 2018. Le bureau d'études constate que 857 cadavres ont été retrouvés dont 313 oiseaux et 544 chiroptères, ainsi il estime que la mortalité aviaire est de 0,04 cas par éolienne, par an et par passage et que la mortalité chiroptérologique est de 0,07 cas par éolienne, par an et par passage.

En l'absence de cas de mortalité observé, aucune estimation n'a pu être calculée sur le parc de Radenac sur la période de suivi.

7. Conclusion générale du suivi de mortalité

A partir des 31 passages de mortalité effectués entre la semaine 14 et la semaine 44 de l'année 2025, aucun cas de mortalité n'a été référencé sous l'éolienne E5.

Les calculs, **n'ayant pu être réalisés par manque de données**, projettent une mortalité estimée à **0 cas par éolienne** sur la période suivie d'après les estimations d'Huso.

Afin de conclure plus aisément sur les effets résiduels liés au fonctionnement des éoliennes, les résultats d'estimations de mortalité seront mis en corrélation avec les résultats du suivi en altitude de l'activité des chiroptères à partir de la page 93 du présent rapport.

ETUDE EN CONTINU DE L'ACTIVITE CHIROPTEROLOGIQUE EN HAUTEUR

1. Pré-diagnostic chiroptérologique

1.1. Sources et bases de données utilisées

Le pré-diagnostic chiroptérologique a été établi sur la base des sources bibliographiques suivantes :

- L'inventaire des zones naturelles remarquables existantes dans l'aire d'étude éloignée ;
- Les données chiroptérologiques issues de la base de données Faune Bretagne (consultées en janvier 2025) ;
- Les données chiroptérologiques issues de la base de données du Groupe Mammalogique Breton (consultées en janvier 2025) ;
- Les données chiroptérologiques issues de la base de données INPN (consultées en janvier 2025) ;
- Les chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse de L. Arthur et de M. Lemaire (2021) ;
- La Liste rouge des mammifères d'Europe (2015) ;
- La Liste rouge des mammifères de France (2017) ;
- La Liste rouge des mammifères de Bretagne (2015) ;
- L'Atlas des mammifères de Bretagne du Groupe Mammalogique Breton (GMB, 2015),
- La Carte d'alerte des « Risques éoliens terrestres pour les chiroptères » du Groupe Mammalogique Breton (GMB, 2022).

1.2. Résultats des recherches bibliographiques

1.2.1. Inventaire des zones de protection et d'inventaires

A l'échelle de l'aire d'étude éloignée, deux ZNIEFF présentent un intérêt pour la chiroptérofaune.

Figure 31 - Inventaire des espèces de chiroptères dans les périmètres de protection et d'inventaire (janvier 2025)				
Numéro de la zone	Intitulé de la zone	Situation par rapport aux éoliennes	Espèces déterminantes	
ZNIEFF de type I				
530020008	LA MINE	17,69 km au sud-est	Grand Murin Grand Rhinolophe Murin de Daubenton	Murin à moustaches Murin à oreilles échancrées Petit Rhinolophe
ZNIEFF de type II				
530014743	LANDES DE LANVAUX	9,43 km au sud	Barbastelle d'Europe Grand Murin Grand Rhinolophe Murin à moustaches Murin à oreilles échancrées	Murin de Bechstein Murin de Natterer Noctule commune Oreillard roux Petit Rhinolophe

La ZNIEFF de type I « La Mine » est localisée à 17,7 km à l'est. Six espèces y sont recensées : le Petit Rhinolophe, le Murin à moustaches, le Murin à oreilles échancrées, le Grand Murin, le Grand Rhinolophe (classé en danger en région) et le Murin de Daubenton. Il s'agit d'une ancienne mine fréquentée par les chiroptères en période hivernale. Ce gîte d'hibernation est important dans le département du Morbihan.

La ZNIEFF de type II « Landes de Lanvaux », à 9,4 km au sud, est constitué de boisements et de landes. Au sein de cette zone, dix espèces sont inventoriées : le Murin de Bechstein (vulnérable en Europe, quasi-menacé en France et en région), le Murin de Natterer, le Grand Rhinolophe, le Murin à oreilles échancrées, le Petit Rhinolophe, le Grand Murin, la Barbastelle d'Europe (vulnérable en Europe et quasi menacé en région), la Noctule commune, le Murin à moustaches et l'Oreillard roux.

1.2.2. Présentation des enjeux chiroptérologiques d'après le GMB

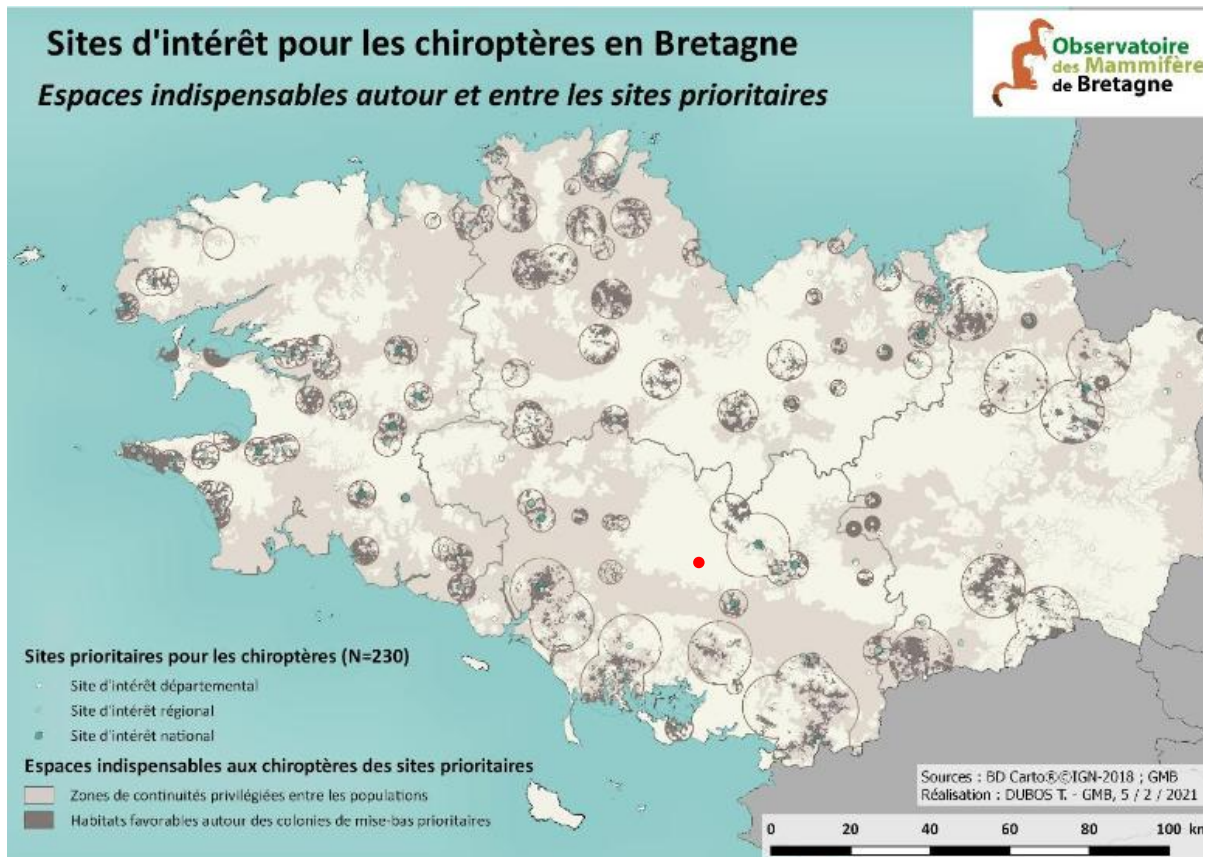
L'Observatoire des Mammifères de Bretagne a réalisé une couche des sites d'intérêts pour les chiroptères en Bretagne (voir Figure 32 - le parc de Radenac n'est pas situé à proximité d'un site d'intérêt pour les chiroptères ni dans une zone favorable aux colonies de mise-bas).

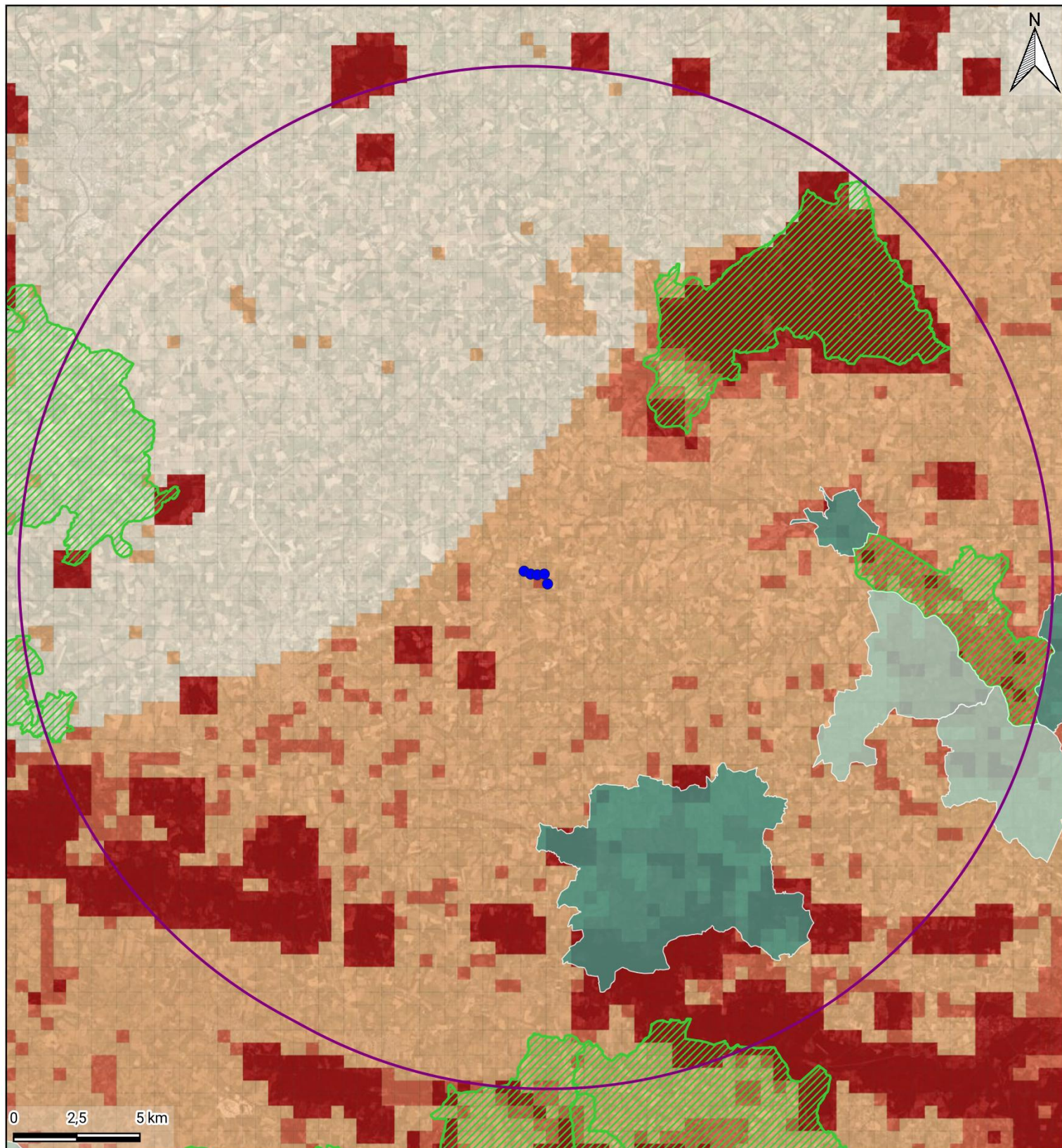
Par ailleurs, le GMB a également réalisé un outil relatif aux « Risques éoliens pour les chiroptères » de Bretagne. Il s'agit d'une carte d'alerte qui matérialise les risques cumulés de perte d'habitats et de mortalité pour les chauves-souris à l'occasion de l'implantation et de l'exploitation de parcs éoliens terrestres sur la région. Cet outil a été conçu dans le but de faciliter l'appréciation par les bureaux d'études et les services instructeurs de l'opportunité de la mise en place d'éoliennes vis-à-vis des risques d'atteintes aux chauves-souris et à leurs habitats. Son contenu est accessible sur la base de données de Géo'Bretagne (<https://cms.geobretagne.fr/>) et sur le site internet du GMB (<https://gmb.bzh>).

Ainsi, la cartographie dressée page 59 permet d'apprécier la localisation des secteurs à risques pour les chiroptères à l'échelle de l'AEE et du parc de Radenac vis-à-vis de l'implantation ou l'exploitation de parcs éoliens terrestres selon le GMB.

D'après ces cartographies, le parc éolien s'inscrit au sein d'un secteur à risques pour les chiroptères. Les éoliennes se situent dans une zone concernée par l'évaluation d'un niveau de risque qualifié de moyen et se trouvent à proximité d'un boisement évalué en risque fort.

Figure 32 - Sites d'intérêt pour les chiroptères en Bretagne





Carte 10 - Evaluation des risques pour les chiroptères en Bretagne liés à l'implantation d'éoliennes au sein de l'AEE

LEGENDE

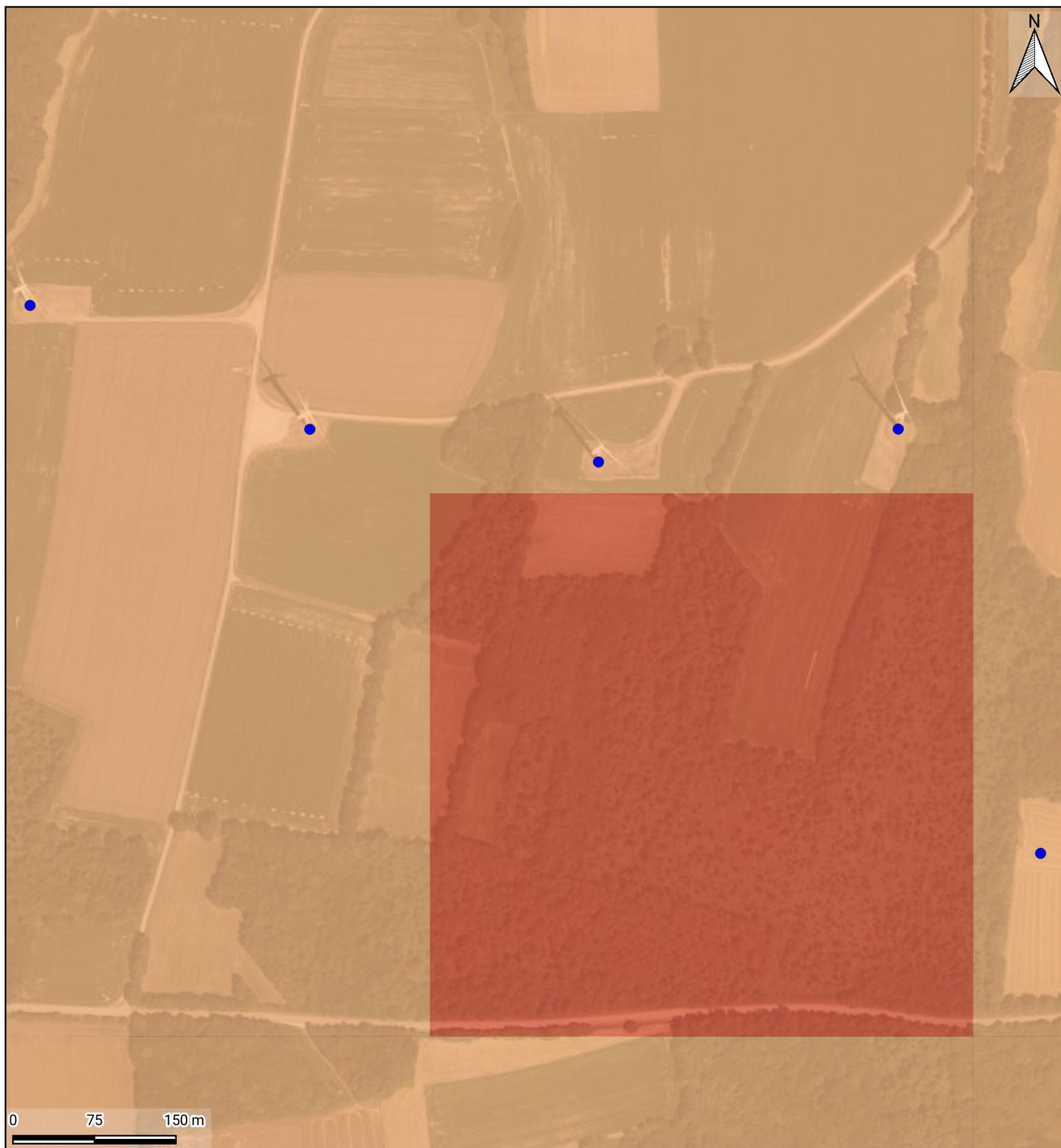
Aires d'étude :

- Eolienne
- Aire d'étude éloignée

Evaluation des risques cumulés de perte d'habitats et de mortalité :

- Risque faible
- Risque moyen
- Risque fort
- Risque excessif

- Commune avec au moins un site d'intérêt départemental
- Commune avec au moins un site d'intérêt régional
- Commune avec au moins un site d'intérêt national



Carte 11 - Evaluation des risques pour les chiroptères en Bretagne liés à l'implantation d'éoliennes à l'échelle du parc

LEGENDE

Aires d'étude :

- Eolienne

Evaluation des risques cumulés de perte d'habitats et de mortalité :

- Risque moyen
- Risque fort

1.2.3. Inventaire des espèces de chiroptères reconnues présentes sur le territoire de la commune du projet

Les bases de données de l'INPN (Inventaire National du Patrimoine Naturel), de Faune Bretagne et du Groupe Mammalogique Breton compilent l'ensemble des dernières observations concernant les chiroptères détectés sur le territoire de la commune de Radenac.

Ces informations sont répertoriées dans le tableau suivant. Toutefois, les informations des listes communales ne sont pas exhaustives et évolueront au fur et à mesure des participations à venir. En conséquence, l'absence d'une espèce dans cette liste est peut-être le simple fait d'une prospection lacunaire qu'il convient de ne pas mal interpréter.

Figure 33 - Inventaire des espèces de chiroptères contactées sur la commune du projet (janvier 2025)	
Nom vernaculaire	Dernière année d'observation
Murin de Natterer	2015
Petit Rhinolophe	2020
Pipistrelle commune	2021
Sérotine commune	2009

1.3. Inventaire des chiroptères potentiellement présents dans l'aire d'étude immédiate

Cet inventaire a pour objectif d'appréhender les enjeux chiroptérologiques potentiels de l'aire d'étude immédiate.

Cette liste est établie à partir des références bibliographiques considérées dans cette étude, et plus particulièrement des espèces reconnues présentes dans l'AEI. Les espèces référencées dans les zones naturelles d'intérêt remarquable présentes dans l'AEE sont aussi considérées. L'écologie de l'ensemble de ces espèces a ensuite été croisée avec les caractéristiques paysagères et les habitats naturels de l'AEI. Ces résultats ont été complétés par d'autres espèces, estimées potentiellement présentes dans l'AEI de par l'expérience d'ENVOL Environnement dans la région.

Pour rappel, sont considérées comme patrimoniales les espèces protégées et/ou soumises à un statut de conservation défavorable aux échelles régionale, nationale et européenne (à partir du statut « NT » des Listes rouges de l'UICN), ainsi que les espèces d'intérêt communautaire (directive « Habitats-Faune-Flore »).

Ainsi, 13 espèces d'intérêt patrimonial sont jugées potentiellement présentes dans l'aire d'étude immédiate. Ces espèces peuvent utiliser l'aire d'étude pour la chasse et le transit.

La liste des chiroptères patrimoniaux susceptibles d'être observés au sein de l'aire d'étude immédiate est présentée dans le tableau ci-après.

Figure 34 - Chiroptères patrimoniaux potentiellement présents dans l'AEI

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Statuts de protection et de conservation					Niveau de patrimonialité
		Protection nationale	Directive « Habitats »	Listes rouges			
				Europe	France	Région	
Barbastelle d'Europe	<i>Barbastella barbastellus</i>	Art.2	II+IV	VU	LC	NT	Fort
Grand Murin	<i>Myotis myotis</i>	Art.2	II+IV	LC	LC	NT	Modéré
Grand Rhinolophe	<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>	Art.2	II+IV	NT	LC	EN	Fort
Murin à oreilles échancrées	<i>Myotis emarginatus</i>	Art.2	II+IV	LC	LC	NT	Modéré
Murin de Bechstein	<i>Myotis bechsteini</i>	Art.2	II+IV	VU	NT	NT	Fort
Murin de Natterer	<i>Myotis nattereri</i>	Art.2	IV	LC	LC	NT	Faible
Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	Art.2	IV	LC	VU	NT	Modéré
Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leislerii</i>	Art.2	IV	LC	NT	NT	Modéré
Oreillard gris	<i>Plecotus austriacus</i>	Art.2	IV	LC	LC	LC	Faible
Petit Rhinolophe	<i>Rhinolophus hipposideros</i>	Art.2	II+IV	NT	LC	LC	Modéré
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Art.2	IV	LC	NT	LC	Faible
Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	Art.2	IV	LC	NT	NT	Modéré
Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>	Art.2	IV	LC	NT	LC	Faible
La correspondance des statuts est explicitée p.9							

Treize espèces patrimoniales de chiroptères sont potentiellement présentes sur le site d'étude en tenant compte de sa configuration.

Six espèces sont inscrites à l'Annexe II de la Directive « Habitats » : la **Barbastelle d'Europe**, le **Grand Murin**, le **Grand Rhinolophe**, le **Murin à oreilles échancrées**, le **Murin de Bechstein** et le **Petit Rhinolophe**.

Le **Murin de Natterer**, la **Noctule commune**, la **Noctule de Leisler**, l'**Oreillard gris**, la **Pipistrelle commune**, la **Pipistrelle de Nathusius** et la **Sérotine commune** présentent également un intérêt patrimonial en raison du caractère quasi menacé de leur population en Europe, en France et/ou en région.

Il ressort de cet inventaire l'occupation potentielle des haies et des lisières boisées par quelques espèces à niveau de patrimonialité forte dont la **Barbastelle d'Europe**, le **Grand Rhinolophe** et le **Murin de Bechstein**.

2. Protocole d'écoute en continu en nacelle d'éolienne

2.1. Objectifs de l'expertise

Des écoutes en continu à hauteur de la nacelle de l'éolienne E5 ont été réalisées entre le 9 avril et le 31 octobre 2025 afin de pouvoir corrélérer les données d'altitude aux résultats des recherches de mortalité et vérifier l'efficacité du bridage préconisé en 2023.

L'objectif de cette expertise a été la qualification et la quantification de l'activité chiroptérologique autour du rotor de l'éolienne. Les résultats, analysés par saison, permettront de quantifier plus précisément les risques de mortalité au niveau du parc éolien.

2.2. Protocole d'expertise

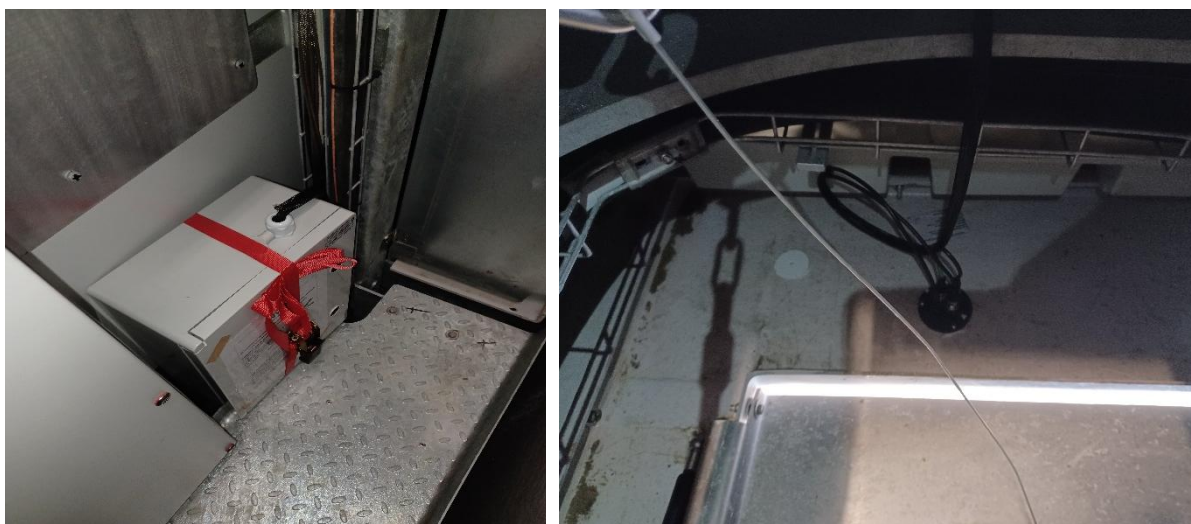
2.2.1. Dispositif d'écoute

Le Batlogger WE X1 de chez Elekon a été spécialement développé pour monitorer l'activité chiroptérologique au sein des éoliennes.

Il permet d'enregistrer sur une longue durée et est accessible à distance par une connexion satellite en 4G. Grâce à sa fiabilité et sa connexion à distance, il ne nécessite aucune maintenance. Un abonnement annuel à Batlogger connect est néanmoins obligatoire et permet de surveiller l'enregistreur, de tester le microphone 24h/24h, de modifier des paramètres (sensibilités du microphone, plages horaires...), de visualiser et de sauvegarder les sons.

Le microphone est installé à travers la nacelle, à l'arrière de celle-ci pour éviter les parasites dus au mouvement des pales, vers le bas du rotor comme le préconise le guide de suivi des parcs éoliens terrestres.

Le microphone du Batlogger présente une sensibilité de 10 à 150 khertz (full spectrum) et enregistre en temps réel d'une heure avant le coucher de soleil à une heure après le lever. Son horodatage est automatique grâce à sa localisation GPS. ENVOL Environnement atteste de la conformité et du bon fonctionnement des microphones installés sur le parc éolien de Radenac sur l'ensemble de la période d'écoutes.



Le Batlogger installé dans la nacelle de l'éolienne E5 (à gauche) et le microphone (à droite).
Source : Y. COZIAN – ENGIE GREEN (photographies prises sur site).

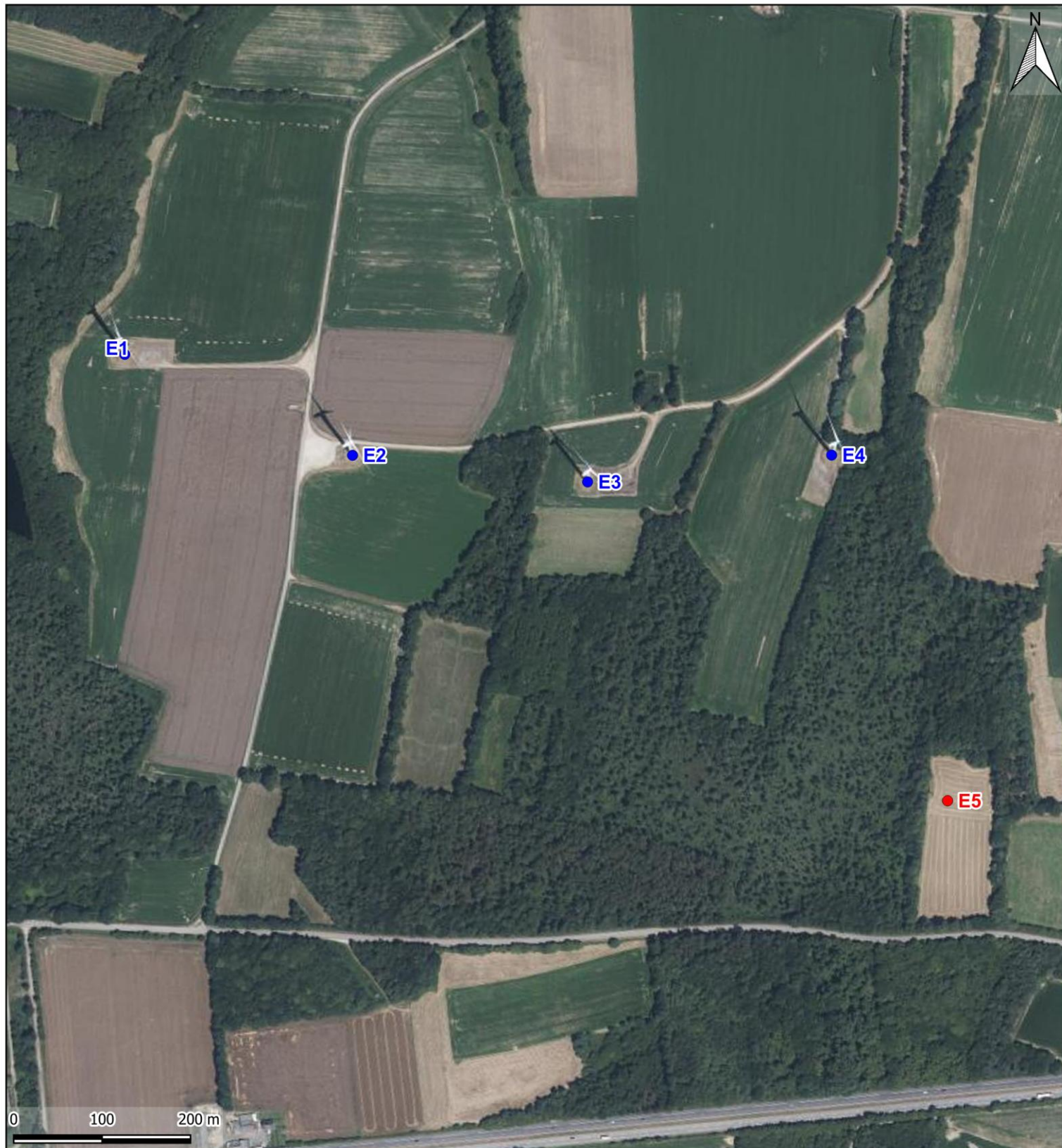
2.2.2. Eolienne équipée

Conformément à la demande de ENGIE GREEN, l'éolienne E5 du parc éolien de Radenac a été équipée par un Batlogger WEX1 en 2025. La cartographie suivante localise le Batlogger installé au sein du parc éolien de Radenac.

2.2.3. Durée d'échantillonnage

A partir du 9 avril 2025, un détecteur Batlogger WEX1 a commencé à enregistrer l'activité chiroptérologique au niveau de la nacelle de l'éolienne E5 du parc éolien de Radenac. L'appareil a étudié la fréquentation du secteur par les chauves-souris jusqu'au 31 octobre 2025. La durée d'écoute totale a été de 203 nuits, équivalent à 2464,07 heures d'enregistrement.

Figure 35 - Calendrier des durées d'échantillonnage sur E5 selon les phases étudiées			
Périodes	Saisons	Nombre de nuits d'écoute	Temps d'écoute total (en heures)
Du 9 avril au 31 mai 2025	Transits printaniers	52	893,23
Du 01 juin au 14 août 2025	Mise-bas	74	783,38
Du 15 août au 31 octobre 2025	Transits automnaux	77	1081,17
		203	2464,07



Carte 12 - Localisation de l'éolienne équipée d'un Batlogger

LEGENDE

Parc éolien suivi :

- Eolienne
- Eolienne équipée de Batlogger

3. Résultats des écoutes en continu en nacelle

3.1. Inventaire complet des espèces contactées au niveau de la nacelle

Un rappel de la biologie des chiroptères et de la méthodologie de traitement des signaux se situe en annexe 1 et en annexe 2.

L'activité corrigée (contacts/h corrigés) mentionnée dans le tableau suivant correspond au nombre de contacts rapporté au nombre d'heures d'écoute par saison, corrigé par les coefficients de détections propres à chaque espèce. Le détail des coefficients de détectabilité est disponible en page suivante.

Figure 36 - Inventaire complet des espèces enregistrées par le BATLOGGER au niveau de l'éolienne E5										
Espèces	Période échantillonnée						Listes rouges			Directive Habitats
	Transits printaniers		Mise-bas		Transits automnaux		Europe	France	Région	
	Micro nacelle		Micro nacelle		Micro nacelle					
	Contacts	Contacts/h corrigés	Contacts	Contacts/h corrigés	Contacts	Contacts/h corrigés				
Noctule commune	-	-	30	0,010	4	0,001	LC	VU	NT	IV
Noctule de Leisler	18	0,009	274	0,108	25	0,007	LC	NT	NT	IV
Pipistrelle commune	88	0,146	386	0,493	1224	1,133	LC	NT	LC	IV
Pipistrelle de Kuhl	20	0,033	125	0,160	52	0,048	LC	LC	LC	IV
Pipistrelle de Nathusius	2	0,003	11	0,014	9	0,008	LC	NT	NT	IV
Total	128	0,192	826	0,78	1314	1,198				
Nombre d'espèces	4		5		5					

Figure 37 - Représentation graphique des variations journalières de l'activité totale des chiroptères (en nombre de contacts bruts)

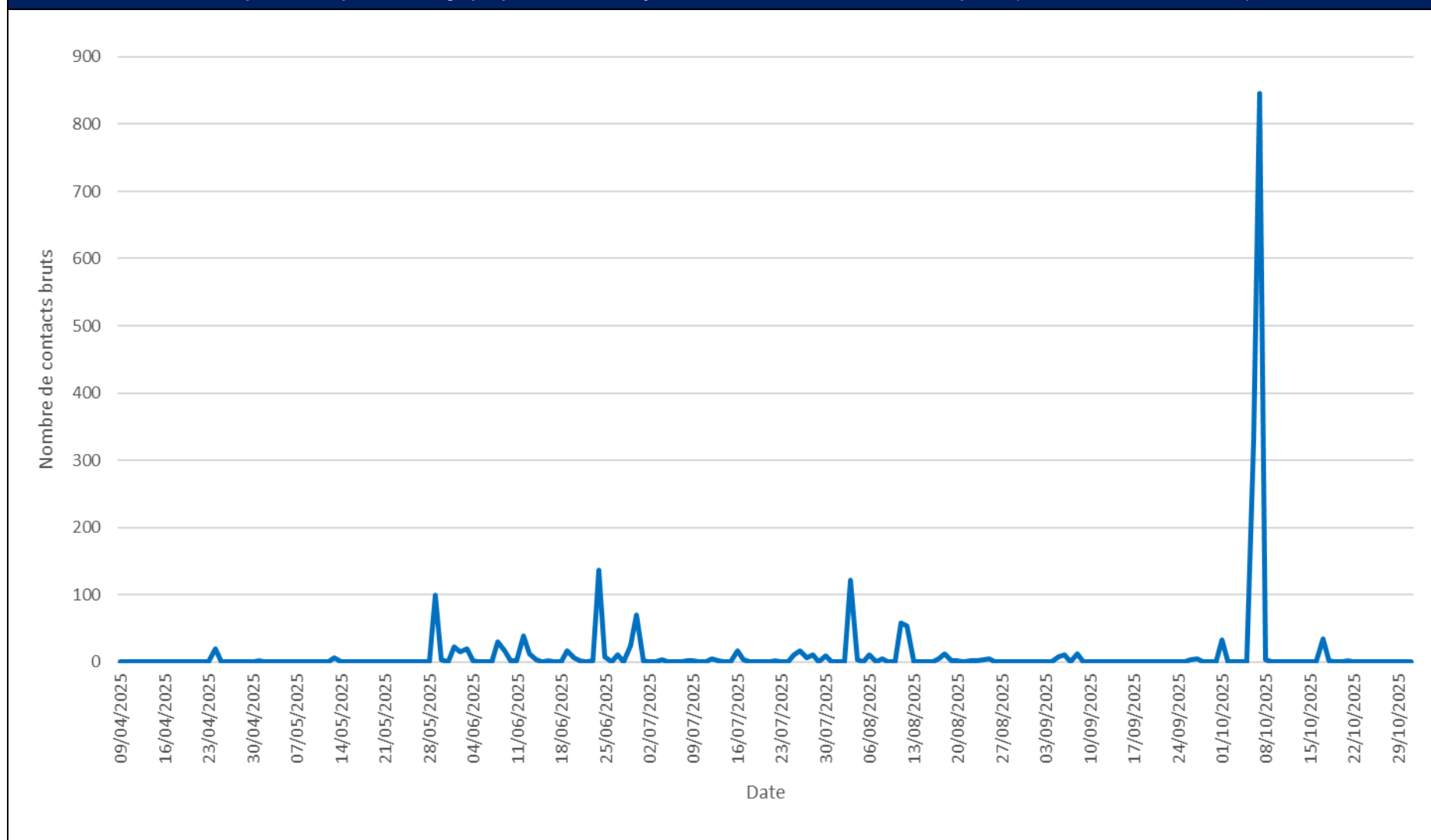
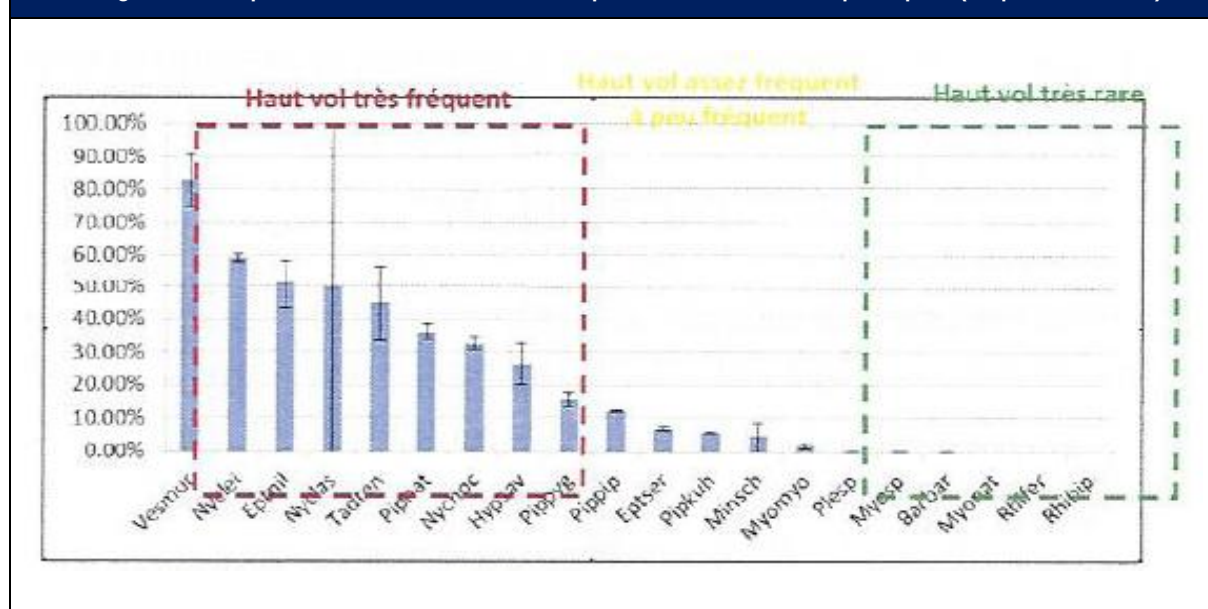


Figure 38 - Détails des coefficients de détectabilité et des distances de détection des chiroptères en milieu ouvert (Barataud M. 2015)

Intensité d'émission	Espèces	Distance détection (m)	Coefficient de détectabilité
Moyenne	Pipistrelle commune	25	1,00
	Pipistrelle de Kuhl	25	1,00
	Pipistrelle de Nathusius	25	1,00
Très forte	Noctule de Leisler	80	0,31
	Noctule commune	100	0,25

Cinq espèces déterminées de chiroptères ont été inventoriées durant ce protocole d'écoute. Toutes sont protégées en France et toutes sont patrimoniales (exceptée la Pipistrelle de Kuhl) en raison de leurs statuts de conservation défavorables en France ou en région.

Figure 39 - Proportions des contacts localisés à plus de 25 m de hauteur par espèce (Haquart et al. 2014)



Trois des cinq espèces détectées via les écoutes en continu (Noctule de Leisler, Noctule commune et Pipistrelle de Nathusius) sont des espèces migratrices capables de transiter à haute altitude. Elles forment, avec la Pipistrelle commune et la Pipistrelle de Kuhl, les espèces les plus impactées par les éoliennes en Europe (Synthèse des cas de mortalité de chiroptères en France (T.Dürr, février 2025) - Figure 49 - page 78).

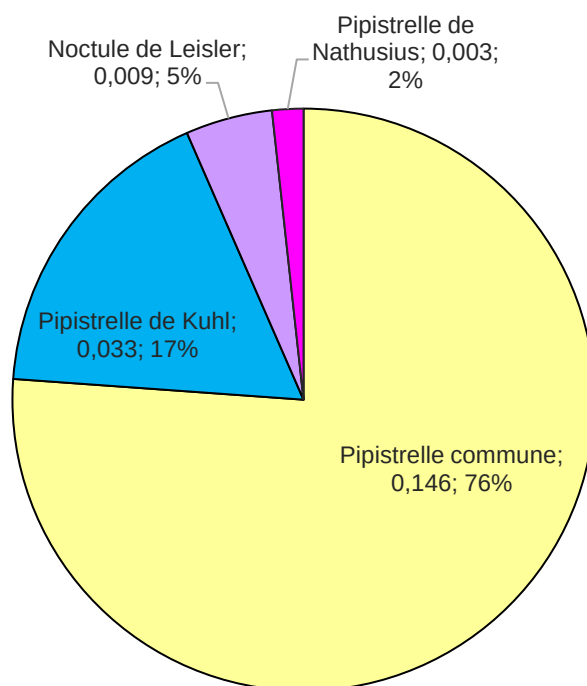
L'activité enregistrée à hauteur de nacelle a été faible à modérée, s'échelonnant de 0,001 à 1,133 contact par heure corrigé en fonction de l'espèce.

Le premier contact a été enregistré le **24 avril** et le dernier le **22 octobre 2025** (pour une mise en fonctionnement des enregistrements le 09 avril et un arrêt le 31 octobre 2025).

3.2. Étude de l'activité en période des transits printaniers

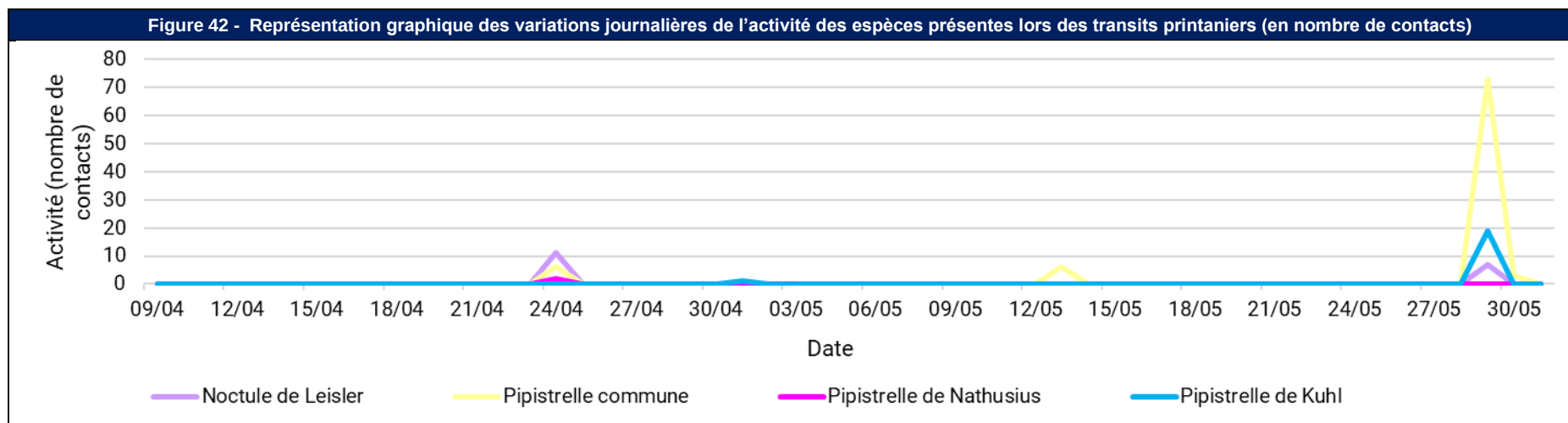
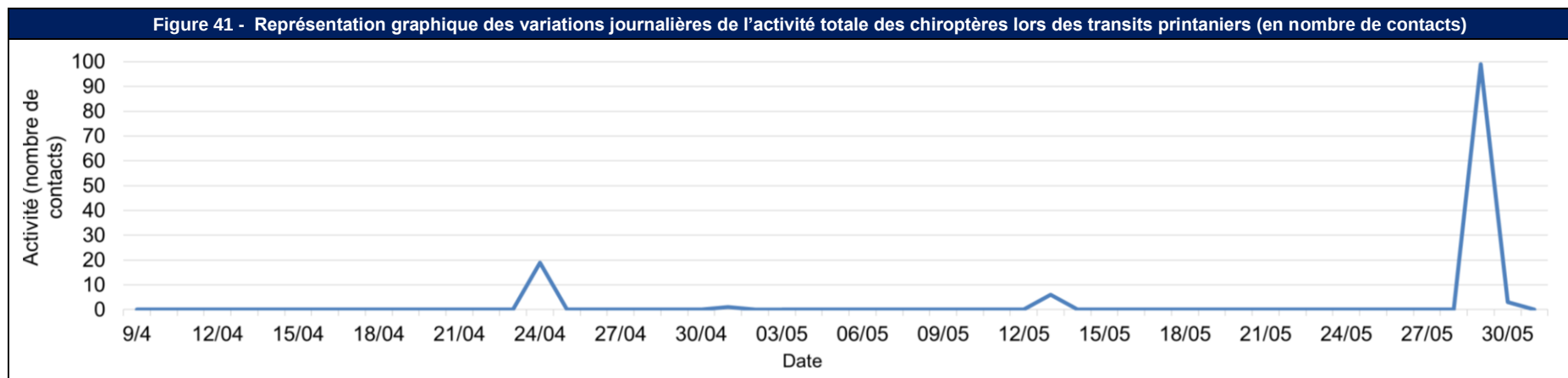
3.2.1. Répartition quantitative des espèces contactées en période des transits printaniers

Figure 40 - Répartition quantitative des chiroptères détectés lors des transits printaniers au niveau de la nacelle de l'éolienne (activité corrigée)



L'activité lors des transits printaniers est globalement faible avec au total 128 contacts enregistrés sur l'ensemble de la période, soit 0,192 contact par heure corrigé. L'activité de la Pipistrelle commune (0,146 c/h corrigé) est dominante, suivie par la Pipistrelle de Kuhl (0,033 c/h corrigé). La Noctule de Leisler représente 5% des contacts enregistrés lors de cette période et la Pipistrelle de Nathusius a été l'espèce la moins détectée.

3.2.2. Étude de l'activité chiroptérologique journalière en phase des transits printaniers



En période des transits printaniers, l'activité chiroptérologique est jugée globalement faible. Quatre espèces identifiées de manière certaine ont été détectées : la **Pipistrelle commune**, la **Pipistrelle de Nathusius**, la **Pipistrelle de Kuhl** et la **Noctule de Leisler**.

Au cours de cette phase, l'activité se concentre entre le 24 avril et le 30 mai 2025. Aucun contact n'a été enregistré en dehors de cette période. La nuit du 29 mai 2025 présente l'activité la plus importante avec 99 contacts bruts enregistrés dont 73 de **Pipistrelle commune**, 19 de **Pipistrelle de Kuhl** et 7 de **Noctule de Leisler**. La **Pipistrelle commune** est recontactée lors de deux autres nuits avec 6 contacts bruts enregistrés. La **Noctule de Leisler** a également été contactée la nuit du 24 avril où 11 contacts ont été enregistrés. La **Pipistrelle de Nathusius** a été détectée lors d'une seule nuit à cette période, (la nuit du 24 avril) et la **Pipistrelle de Kuhl** a été enregistrée lors de deux nuits.

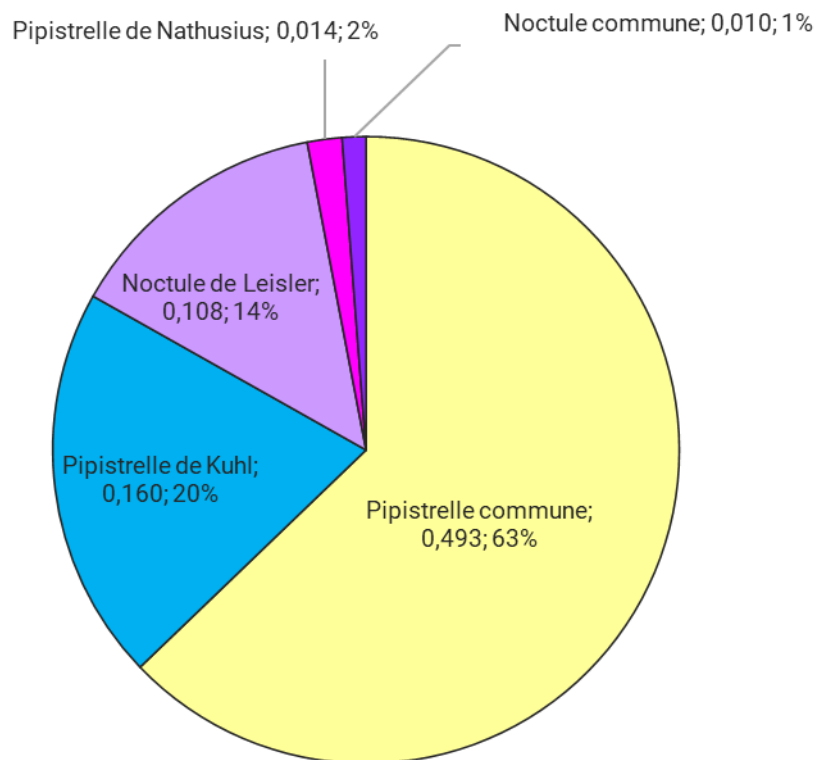
Parmi les espèces détectées, deux sont migratrices, la **Noctule de Leisler** et la **Pipistrelle de Nathusius**. Leur présence est ponctuelle (une à deux nuits) et l'activité enregistrée est très faible (respectivement 0,009 et 0,003 c/h corrigé). La **Pipistrelle commune** a été contactée lors de trois nuits durant la période des transits printaniers, son activité est globalement faible (0,146 c/h corrigé). Cependant, elle a exercé une activité importante la nuit du 29 avril, avec 73 contacts bruts enregistrés. Il est probable qu'elle utilise ce secteur comme zone de transit et qu'elle chasse ponctuellement à proximité de l'éolienne lors de cette période. La **Pipistrelle de Kuhl** a été contactée lors de deux nuits, elle a exercé une activité importante la nuit du 29 mai. Le risque de collision et de barotraumatisme porté à l'encontre de ces espèces est jugé modéré de mi-mai à fin mai et faible de début avril à mi-mai.

L'activité chiroptérologique globale est faible en phase des transits printaniers. Le pic d'activité de la **Pipistrelle commune**, de la **Pipistrelle de Kuhl** et de la **Noctule de Leisler** le 29 mai 2025 est à considérer. L'analyse des périodes suivantes permettra de comprendre l'utilisation du site par ces espèces.

3.3. Étude de l'activité en période de mise-bas

3.3.1. Répartition quantitative des espèces contactées en période de mise-bas

Figure 43 - Répartition quantitative des chiroptères détectés au niveau de la nacelle de l'éolienne en période de mise-bas (activité corrigée)



L'activité lors de la période de mise-bas est plus importante que celle enregistrée au cours de la période des transits printaniers (826 contacts bruts ont été enregistrés en période de mise-bas contre 128 au printemps).

La Pipistrelle commune domine très largement le cortège présent en été, accompagnée de la Pipistrelle de Kuhl et de la Noctule de Leisler. La Pipistrelle de Nathusius et la Noctule commune ont également été détectées lors de la mise-bas mais représentent moins de 2% des contacts bruts enregistrés.

3.3.2. Étude de l'activité chiroptérologique journalière en phase de mise-bas

Figure 44 - Représentation graphique des variations journalières de l'activité totale des chiroptères en phase de mise-bas (en nombre de contacts)

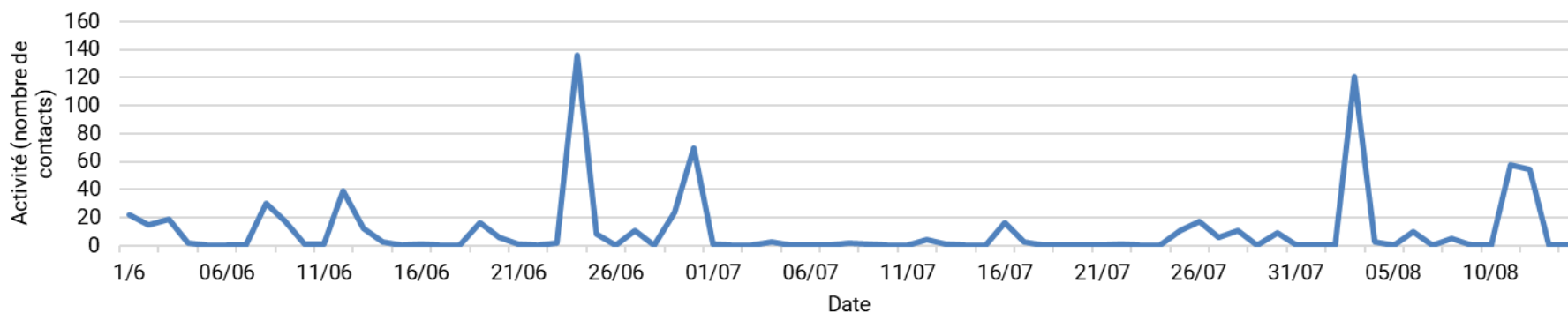
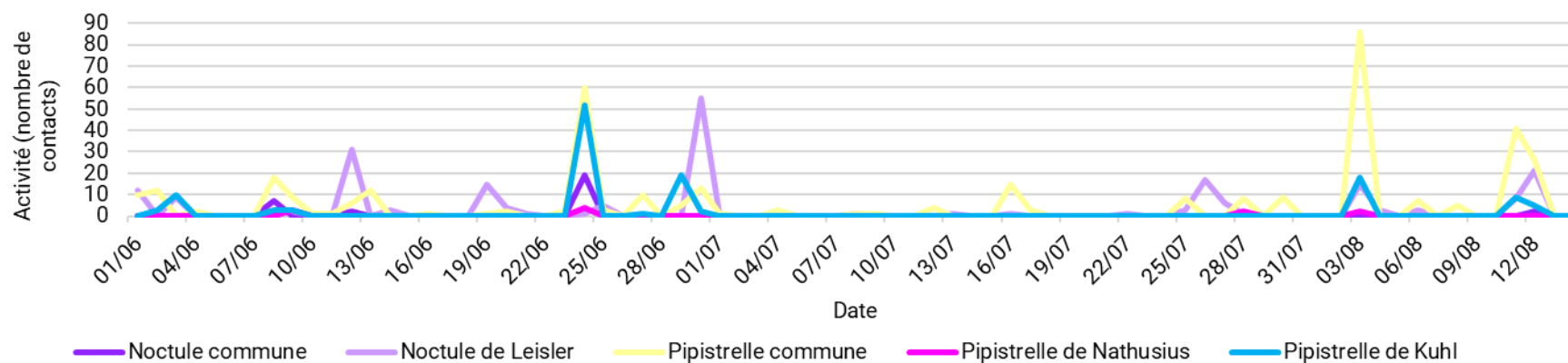


Figure 45 - Représentation graphique des variations journalières de l'activité en phase de mise-bas (en nombre de contacts)



L'analyse démontre que l'activité chiroptérologique est hétérogène au cours de la période de mise-bas. De début juin à mi-juin, l'activité est globalement régulière. Ensuite, deux pics d'activité sont notables les nuits du 24 et du 30 juin. Lors du mois de juillet, l'activité est relativement faible puis augmente à la fin du mois de juillet, avec deux pics d'activité atteints durant le mois d'août (les nuits du 3 et du 11-12 août).

Trois espèces de haut vol ont été détectées : la **Pipistrelle de Nathusius**, la **Noctule commune** et la **Noctule de Leisler**. La Pipistrelle de Nathusius est détectée lors de quatre nuits, à partir du 9 juin jusqu'au 3 août 2025, son activité maximale a été enregistrée au cours de la nuit du 24 juin 2025 (4 contacts bruts). La Noctule de Leisler a été détectée au cours de 24 nuits, avec une activité maximale comptabilisant 55 contacts la nuit du 30 juin 2025. La Noctule commune a été moins contactée sur le site que la Noctule de Leisler, elle a été enregistrée lors de quatre nuits, avec un pic d'activité la nuit du 24 juin atteignant 19 contacts bruts. La Pipistrelle commune est l'espèce la plus répandue, elle est détectée sur le site presque tous les jours lors de la période de mise-bas. Son activité a été maximale au cours de la nuit du 3 août (86 contacts enregistrés). La Pipistrelle de Kuhl présente une activité irrégulière avec un pic d'activité le 24 juin 2025 (52 contacts enregistrés).

La **Noctule commune** a été détectée ponctuellement en début et en fin de phase de mise-bas, son activité par nuit a été faible à forte. L'espèce ne semble pas utiliser le secteur d'étude pour le nourrissage des jeunes. Il est probable que ces contacts relatent le comportement d'un individu seul (mâle) en dispersion ou en chasse à proximité des lisières et des canopées environnantes. **Le risque de collision/barotraumatisme de la Noctule commune en été est jugé faible à modéré.**

La **Noctule de Leisler** exerce une activité régulière et relativement forte lors de certaines nuits au cours de la période de mise-bas, l'espèce semble utiliser le secteur d'étude pour des activités de chasse. **Le risque de collision/barotraumatisme de la Noctule de Leisler en été est jugé modéré à fort.**

La **Pipistrelle de Nathusius** a été détectée ponctuellement lors de la mise-bas. Au vu du faible nombre de contacts lorsqu'elle est détectée, elle est probablement de passage sur le secteur d'étude et ne semble pas chasser à proximité. **Le risque de collision/barotraumatisme de la Pipistrelle de Nathusius en été est jugé faible à modéré.**

La **Pipistrelle de Kuhl** présente une activité ponctuelle d'intensité moyenne (3 à 52 contacts) en phase de mise-bas. Au vu de la fréquence et du nombre de contacts variables lorsqu'elle est détectée, elle est probablement fréquemment de passage sur le secteur d'étude et chasse ponctuellement à proximité. **Le risque de collision/barotraumatisme de la Pipistrelle de Kuhl en été est jugé modéré à fort.**

La **Pipistrelle commune** représente une grande partie des contacts enregistrés en été, elle a été contactée sur plus de la moitié des nuits lors de la mise-bas (détectée lors de 41 nuits sur 74) avec un nombre de contact important (entre 1 et 86 contacts). **Le risque de collision/barotraumatisme de la Pipistrelle commune en été est jugé fort en été.**



La Noctule de Leisler a souvent été contactée au cours de la période estivale – B. SAVINA

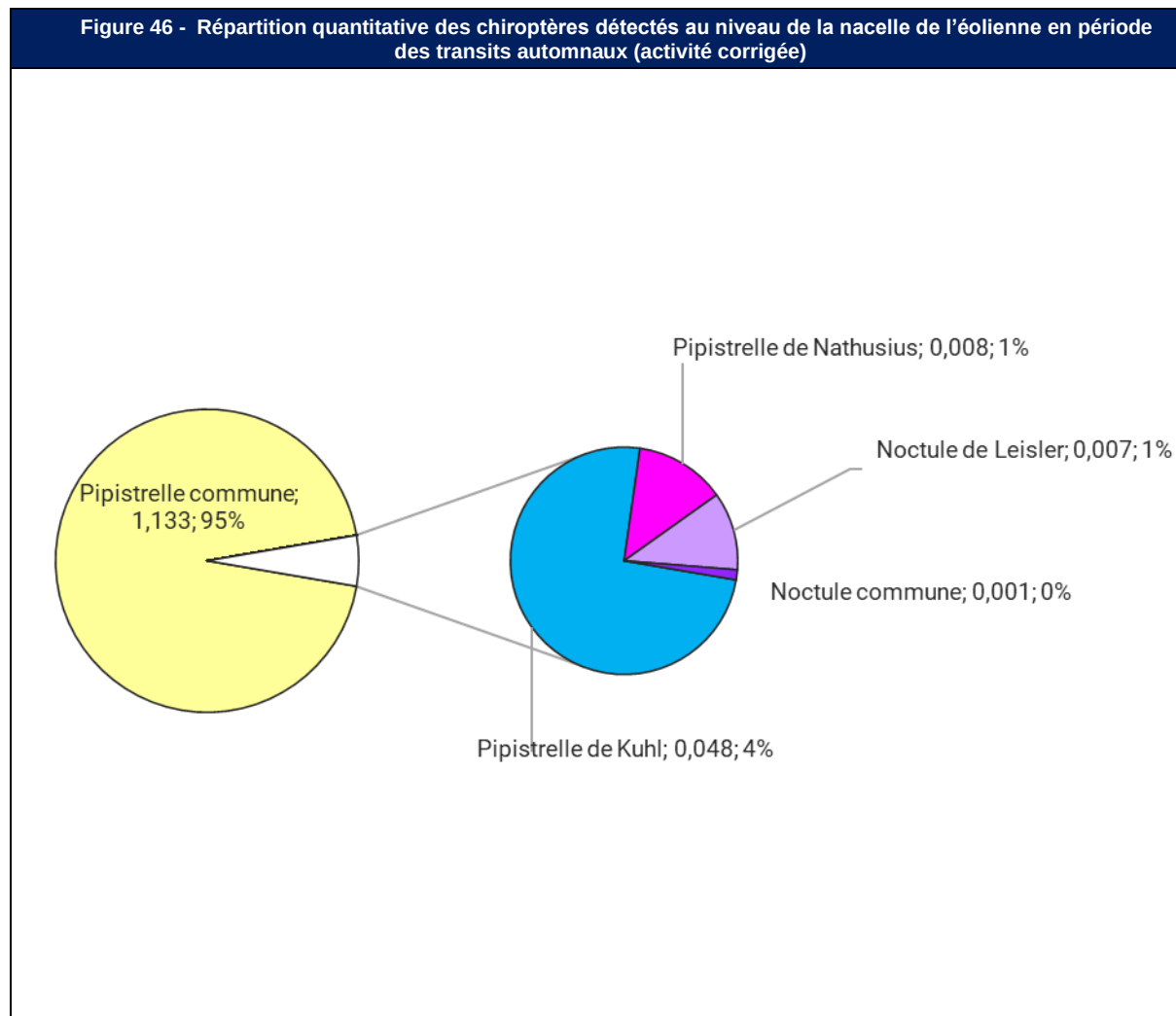


La Pipistrelle commune est l'espèce ayant eu le plus haut pic d'activité en période de mise bas – B. SAVINA

En définitive, en été, la fréquentation du secteur est dominée par la **Pipistrelle commune**, la **Pipistrelle de Kuhl** et la **Noctule de Leisler**. Le risque de mortalité vis-à-vis de ces espèces est jugé modéré à fort du fait de leur présence fréquente au cours de cette période. La **Noctule commune** et la **Pipistrelle de Nathusius** sont également ponctuellement contactées au cours de cette période avec des activités plus faibles. C'est pourquoi un risque de collision faible à modéré leur est attribué.

3.4. Étude de l'activité en période des transits automnaux

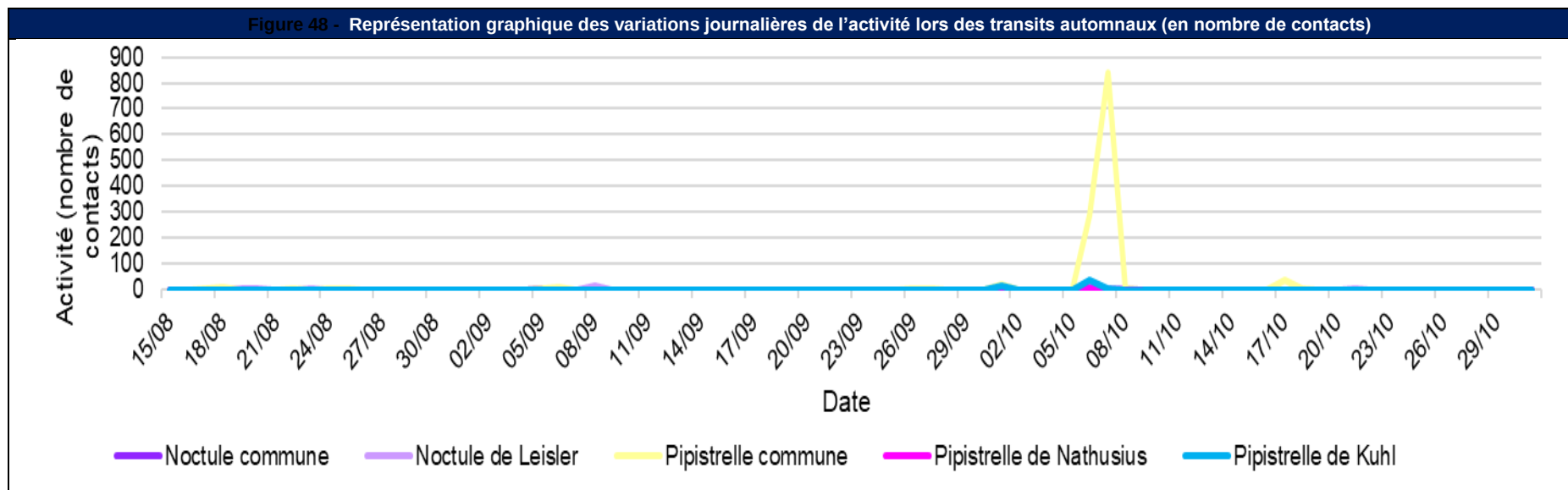
3.4.1. Répartition quantitative des espèces contactées en période des transits automnaux

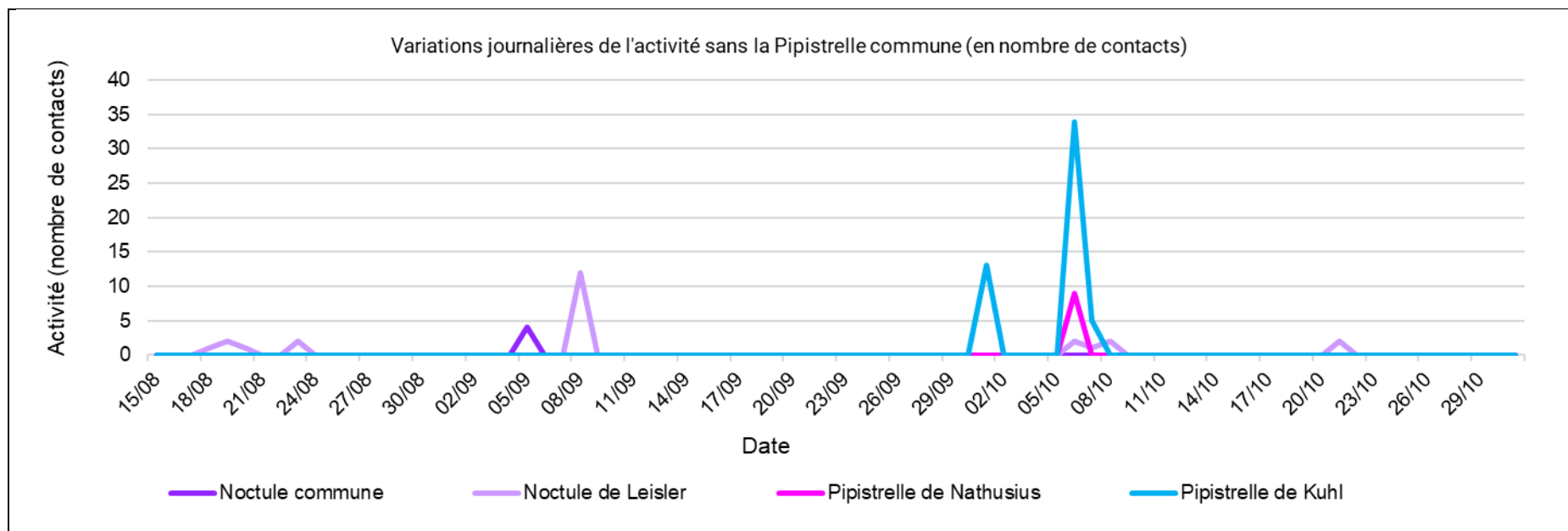


L'activité enregistrée lors de la période des transits automnaux est plus importante qu'au printemps et qu'en été. L'activité totale enregistrée en automne est de 1,198 contacts par heure corrigée contre 0,192 contact par heure corrigée au printemps et 0,78 contact par heure corrigée en été. Les espèces détectées lors des transits automnaux sont les mêmes que lors de la période de mise-bas.

La **Pipistrelle commune** domine largement l'activité chiroptérologique enregistrée avec une activité de 1,133 contacts par heure corrigée sur l'ensemble de la période, suivie de loin par la **Pipistrelle de Kuhl** (0,048 c/h corrigé). La Pipistrelle de Nathusius, la Noctule de Leisler ainsi que la Noctule commune ont également été détectées lors de la période automnale avec une activité globalement très faible.

3.4.2. Étude de l'activité chiroptérologique journalière en phase des transits automnaux





Lors des transits automnaux, l'activité chiroptérologique est la plus importante des trois périodes suivies avec 1314 contacts bruts enregistrés, soit une activité de 1,198 contacts par heure corrigée. L'activité chiroptérologique est irrégulière au cours de cette période. Un pic d'activité avec 846 contacts a été enregistré le 7 octobre 2025, principalement lié à l'activité de la Pipistrelle commune.

La **Pipistrelle commune** est l'espèce la plus contactée lors de la période des transits automnaux, elle montre une activité globalement modérée (1,133 c/h corrigée) et irrégulière. Cette espèce a exercé une activité très forte les nuits du 6 et du 7 octobre 2025 (respectivement 285 et 840 contacts bruts enregistrés). En s'intéressant à la météo, on remarque qu'il y a eu une diminution du vent d'environ 10 à 4 m/s entre le 04 octobre et le 07 octobre et une augmentation de la température de 12 à 15°C entre le 5 et le 7 octobre 2025. Il se pourrait que la Pipistrelle commune ait profité d'une météo favorable pour chasser et ainsi constituer des réserves de nourriture afin de se préparer à l'hiver. En dehors du mois d'octobre, l'activité enregistrée de la Pipistrelle commune est beaucoup moins importante et oscille entre 1 à 11 contacts bruts enregistrés. En considérant les pics d'activité de la Pipistrelle commune durant certaines nuits, **son risque aux effets de collision/barotraumatisme est jugé modéré de mi-août à fin septembre et fort en octobre.**

La **Pipistrelle de Kuhl** est l'espèce la plus contactée après la **Pipistrelle commune**. Elle a été détectée seulement lors de trois nuits (1, 6 et 7 octobre) mais a exercé une activité forte avec 13 à 34 contacts bruts enregistrés. Son pic d'activité maximal est atteint la nuit du 6 octobre 2025, il se peut que cette activité s'explique comme pour la **Pipistrelle commune**, par un retour d'une météo favorable pour la chasse. **Le risque aux effets de collision/barotraumatisme pour la Pipistrelle de Kuhl est faible de mi-août à fin septembre et fort en octobre lors de la saison automnale.**

La **Pipistrelle de Nathusius** a été détectée durant une seule nuit lors des transits automnaux, la nuit du 6 octobre avec 9 contacts bruts enregistrés. **Le risque aux effets de collision/barotraumatisme pour cette espèce est faible à modéré lors de la saison automnale.**

La **Noctule commune** a été enregistrée lors de la nuit du 5 septembre avec 4 contacts bruts enregistrés. **Le risque aux effets de collision/barotraumatisme pour cette espèce est faible à modéré lors de la saison automnale.**

La **Noctule de Leisler** a été contactée très ponctuellement lors de la période automnale, avec un pic d'activité le 8 septembre avec 12 contacts bruts enregistrés. Elle a été détectée au cours de 9 nuits sur toute la phase des transits automnaux. La migration de la Noctule de Leisler a lieu principalement entre le 15 août et le 15 septembre. Il arrive que des individus migrent plus tardivement comme ici où des contacts ont été enregistrés au cours du mois d'octobre. **La présence de la Noctule de Leisler s'associe à un risque aux effets de collision/barotraumatisme modéré à fort en automne.**

Les transits automnaux sont surtout marqués par la présence de la Pipistrelle commune avec un pic d'activité la nuit du 7 octobre 2025. Ce pic d'activité représente à lui seul 63,93% des contacts recensés en période de transits automnaux.

La Pipistrelle commune et dans un second temps la Pipistrelle de Kuhl et la Pipistrelle de Nathusius sont les espèces les plus détectées lors de cette phase. La Noctule de Leisler et la Noctule commune ont également été contactées, plus ponctuellement que les espèces citées précédemment. Ces espèces sont connues pour être vulnérables à la collision et au barotraumatisme. Au regard des conditions d'activité enregistrées, le risque de collision est jugé modéré à fort pour la Pipistrelle commune et la Noctule de Leisler, faible à fort pour la Pipistrelle de Kuhl et faible à modéré pour le reste des espèces contactées.

3.5. Synthèse des sensibilités

En France, parmi les 5 004 cadavres découverts et compilés (T. Dürr – février 2025), les espèces impactées sont réparties comme suit :

Figure 49 - Synthèse des cas de mortalité de chiroptères en France (T.Dürr, février 2025)			
Espèces	Pourcentage	Espèces	Pourcentage
Pipistrelle commune	42,63%	Noctule indéterminée	0,20%
Chiroptère indéterminé	10,05%	Grand Murin	0,10%
Pipistrelle indéterminée	9,41%	Murin à moustaches	0,08%
Pipistrelle de Nathusius	8,81%	Murin de Natterer	0,06%
Pipistrelle de Kuhl	8,79%	Murin à oreilles échancrées	0,08%
Noctule commune	5,62%	Molosse de Cestoni	0,06%
Noctule de Leisler	5,34%	Murin de Daubenton	0,06%
Pipistrelle pygmée	4,14%	Murin de Bechstein	0,04%
Sérotine commune	1,58%	Oreillard gris	0,14%
Vespère de Savi	1,18%	Petit Murin	0,02%
Pipistrelle commune/pygmée	0,80%	Murin indéterminé	0,04%
Sérotine bicolore	0,22%	Oreillard roux	0,02%
Grande Noctule	0,20%	Oreillard indéterminé	0,04%
Minioptère de Schreibers	0,16%	Grand Rhinolophe	0,02%
Barbastelle d'Europe	0,12%		

En orange, les espèces contactées via les écoutes en continu sur le site d'étude

3.5.1. Niveaux d'activité par nuit

Le bureau d'études Ecosphère a présenté un document proposant de caractériser les niveaux d'activité chiroptérologique en altitude en fonction du nombre de contacts bruts obtenus sur une nuit. Toutes les études compilées pour le référentiel « nacelle » ont concerné des micros installés sur des éoliennes, à plus de 50 mètres d'altitude.

Six classes de valeurs d'activité ont été définies :

- **Activité faible** si inférieure à Q25%, car correspondant aux 75% des résultats du référentiel les plus souvent obtenus ;
- **Activité modérée** si comprise entre Q25% et Q50%, car correspondant aux 50-75% des résultats les plus souvent obtenus ;
- **Activité assez forte** si comprise entre Q50% et Q75%, car correspondant aux 25-50% des résultats les plus souvent obtenus ;
- **Activité forte** si comprise entre Q75% et Q90%, car correspondant aux 10-25% des résultats les plus souvent obtenus ;
- **Activité très forte** si supérieure à Q90%, car correspondant aux 10% des résultats les plus souvent obtenus.

Figure 50 - Seuils de la méthodologie Altisphère par Ecosphère par espèce				
Seuils exprimés en contacts par nuit				
Espèces	Q25	Q50	Q75	Q90
Pipistrelle commune	1	3	6	13
Pipistrelle de Nathusius	1	1	2	2
Pipistrelle de Kuhl	1	1	2	3
Noctule commune	1	3	6	16
Noctule de Leisler	1	3	6	16
TOUTES ESPECES	2	4	10	24

Seules les espèces présentes ont été retenues, liste entière en annexe 3 page 122.

Figure 51 - Nombre de nuits d'échantillonnage			
Nuits	Nombre de nuits par saison		
	Printemps	Été	Automne
Echantillonnées	53	75	78
Ayant présenté une activité chiroptérologique	5	41	20

L'analyse a montré qu'au printemps, une activité chiroptérologique s'observait durant 9,43% des nuits, en été durant 54,67% et en automne durant 25,64% des nuits.

Figure 52 - Nombre de nuits d'activité par niveau d'activité et par saison toutes espèces confondues				
Niveaux d'activité	Nombre de nuits d'activité par saison			Total
	Printemps	Été	Automne	
Faible	1	8	3	12
Modéré	1	7	6	14
Assez fort	1	6	4	11
Fort	1	12	3	16
Très fort	1	8	4	13
Total	5	41	20	-

Au printemps, les niveaux d'activité sont réguliers, de faible à très fort. En été, l'activité a majoritairement été forte à assez forte et des activités globalement modérées sont enregistrées en automne. L'été est la saison présentant la plus grande activité chiroptérologique au niveau de l'intensité et du nombre de nuits : 6 nuits présentent une activité assez forte, 12 nuits une activité forte et 8 nuits une activité très forte. L'ensemble montre donc une activité assez disparate, avec une activité plus soutenue en été puis en automne.

Figure 53 - Nombre de nuits d'activité par niveau d'activité, par espèce et par saison

Saison	Niveau d'activité	Nombre de nuits de présence par espèce					
		Noctule commune	Noctule de Leisler	Pipistrelle commune	Pipistrelle de Nathusius	Pipistrelle de Kuhl	Toutes les espèces
Printemps	Faible	-	-		-	-	1
	Modéré	-	-		-	1	1
	Assez fort	-	-	1	-	-	1
	Fort	-	2	2	1	-	1
	Très fort	-	-	1	-	1	1
Été	Faible	-	7	7			8
	Modéré	2	2	3		1	7
	Assez fort	-	6	6			6
	Fort	1	6	11	2	4	12
	Très fort	1	4	6	2	6	8
Automne	Faible		3	3			3
	Modéré		5				6
	Assez fort	1		6			4
	Fort		1	2		-	3
	Très fort			4	1	3	4

3.5.2. Niveaux de sensibilité par espèce et par période

L'analyse des niveaux d'activité saisonniers de chaque espèce croisée avec leurs caractéristiques physiques et leurs comportements connus permet d'estimer le risque de collision et de barotraumatisme global de chaque espèce.

Figure 54 - Sensibilité à la collision estimée par espèce et par saison			
Espèces	Sensibilité à la collision estimée		
	Transits printaniers	Mise-bas	Transits automnaux
Noctule commune	Non évaluée	Modérée à forte	Modérée
Noctule de Leisler	Modérée	Forte	Modérée
Pipistrelle commune	Modérée à forte	Forte	Forte
Pipistrelle de Nathusius	Modérée	Modérée à forte	Modérée à forte
Pipistrelle de Kuhl	Modérée	Modérée à forte	Modérée à forte

Sensibilité non évaluée : l'espèce n'a pas été contactée au cours du suivi en nacelle

Globalement, les caractéristiques intrinsèques de certaines espèces font que, lorsqu'elles sont présentes, leur risque de collision et de barotraumatisme est significatif en raison notamment de leur taille supérieure ou de leur aisance à circuler en altitude.

Lors des transits printaniers, la **Pipistrelle commune** est marquée par une sensibilité modérée à forte. Les autres espèces sont marquées par une sensibilité modérée à cette période. En période de mise-bas, la **Noctule de Leisler** et la **Pipistrelle commune** sont marquées par une sensibilité forte à la collision, les autres espèces sont marquées par une sensibilité modérée à forte. Enfin, lors des transits automnaux, la sensibilité à la collision est jugée forte pour la **Pipistrelle commune**, modérée à forte pour la **Pipistrelle de Nathusius** et la **Pipistrelle de Kuhl** et modérée pour la **Noctule commune** et la **Noctule de Leisler**.

Le chapitre suivant permettra de corréliser divers facteurs extérieurs avec l'activité des chauves-souris afin d'aboutir à une compréhension plus fine de leur exploitation du secteur.

3.6. Corrélation de l'activité enregistrée au niveau de l'éolienne avec les principaux facteurs extérieurs

3.6.1. La vitesse de vent

Figure 55 - Représentation graphique des variations de l'activité chiroptérologique en altitude en fonction des vitesses de vent (en nombre de contacts)

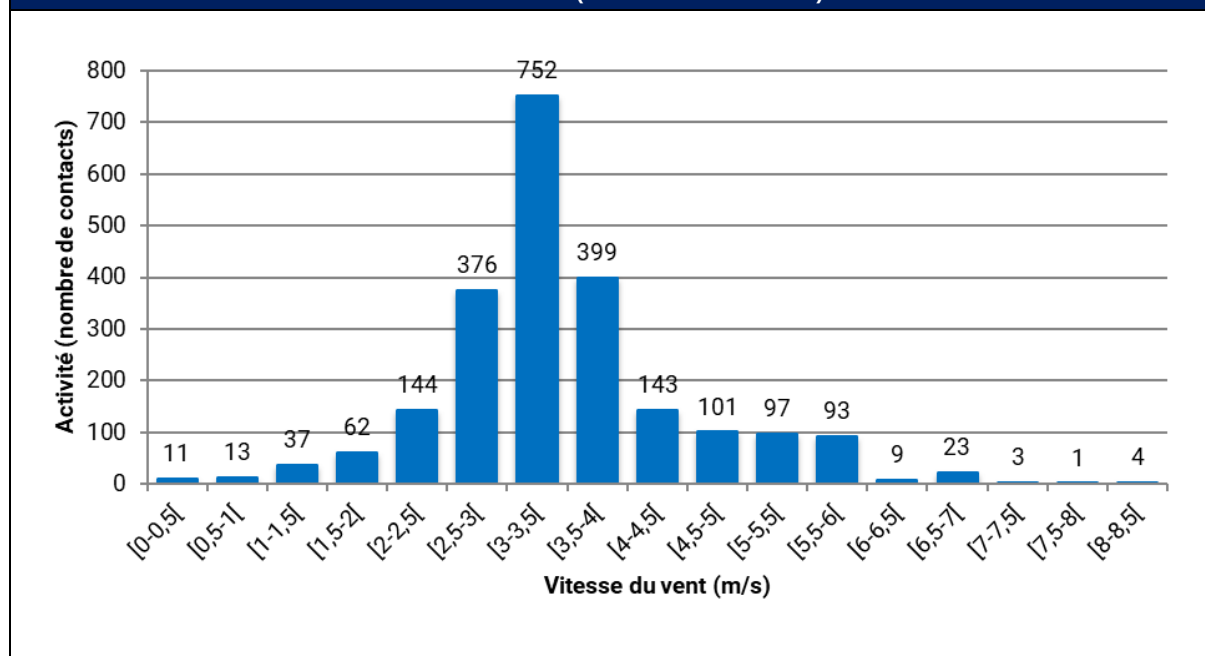


Figure 56 - Mise en corrélation de l'activité chiroptérologique avec les vitesses de vent

Classe de vitesse du vent (en m/s)	Nombre de contacts	Pourcentages	Pourcentages cumulés
$X < 3$	643	28,35	28,35
$3 \leq X < 4$	1151	50,75	79,10
$4 \leq X < 5$	244	10,76	89,86
$5 \leq X < 5,5$	97	4,28	94,14
$5,5 \leq X < 6$	93	4,10	98,24
$6 \leq X < 6,5$	9	0,40	98,63
$6,5 \leq X < 7$	23	1,01	99,65
$7 \leq X < 7,5$	3	0,13	99,78
$7,5 \leq X < 8$	1	0,04	99,82
$X \geq 8$	4	0,18	100,00
Total	2268	100,00	100,00

Les données montrent que localement, l'activité a eu lieu lors de vitesses de vent comprises entre 0 et 8,5 m/s. 94,14% de l'activité est recensée pour des vitesses de vent inférieures à 5,5 m/s.

3.6.2. La température

Figure 57 - Représentation graphique des variations de l'activité chiroptérologique en altitude en fonction des températures (en nombre de contacts)

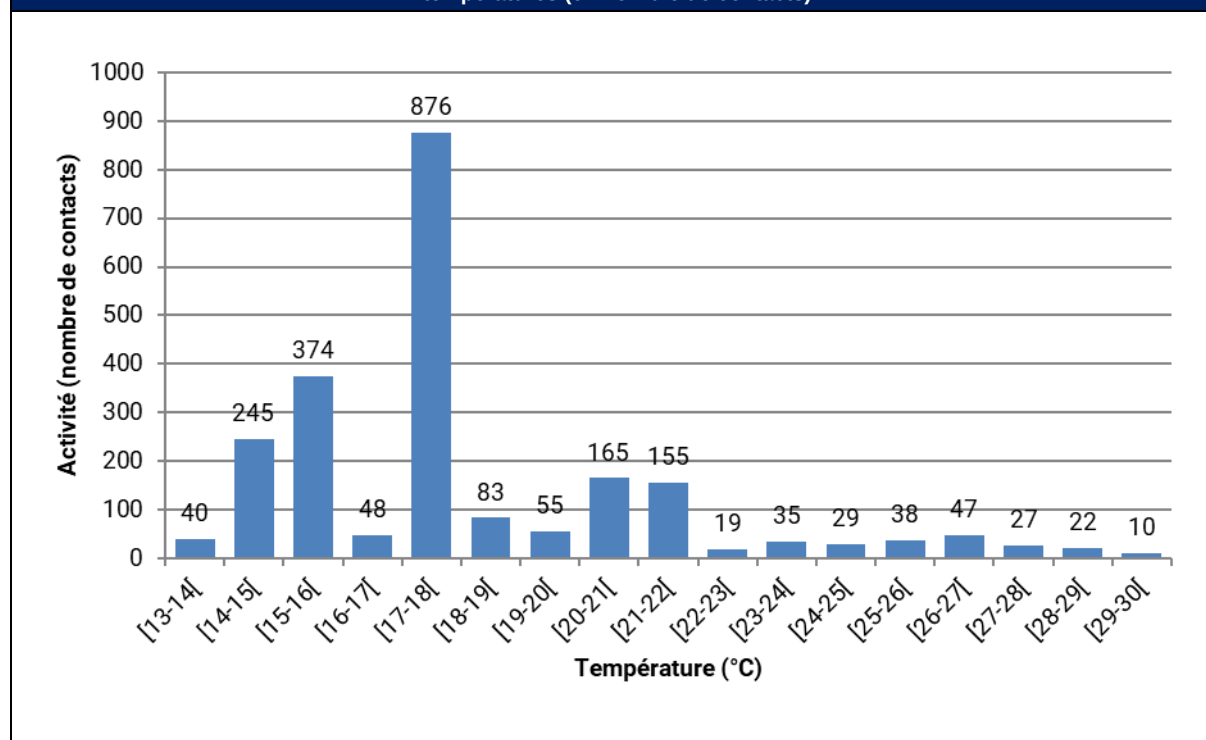


Figure 58 - Mise en corrélation de l'activité chiroptérologique avec les températures

Classe de températures (en °C)	Nombre de contacts	Pourcentages	Pourcentages cumulés
$12 \leq X < 15$	285	12,57	100,00
$15 \leq X < 18$	1298	57,23	87,43
$18 \leq X < 20$	138	6,08	30,20
$20 \leq X < 25$	403	17,77	24,12
$X \geq 25$	144	6,35	6,35
Total	2268	100,00	

Les données montrent que l'activité s'est répartie pour des températures allant de 13 à 30°C (température mesurée à l'extérieur de la nacelle). Au total, **87,43%** des contacts ont été enregistrés pour des températures supérieures ou égales à 15°C. Les chauves-souris sont plus sensibles au froid qu'à la chaleur. En effet, lorsqu'il fait froid, la disponibilité en nourriture (insectes) est faible et la dépense énergétique nécessaire à la chasse n'est pas compensée de manière suffisante.

3.6.3. Le mois

Figure 59 - Nombre de contacts enregistrés en fonction du mois d'écoute			
Mois de l'année	Nombre de contacts	Pourcentages	Pourcentages cumulés
Avril	19	0,84	0,84
Mai	109	4,81	5,64
Juin	444	19,58	25,22
Juillet	131	5,78	31,00
Août	280	12,35	43,34
Septembre	36	1,59	44,93
Octobre	1249	55,07	100,00
Total	2268	100,00	

L'activité est hétérogène sur l'ensemble de l'année, variant de 19 à 1249 contacts par mois. Le mois qui présente la plus grande activité est le mois d'octobre (55,07% des contacts). Ceci se rapporte à un évènement ponctuel, la nuit du 7 octobre 2025 où 846 contacts bruts ont été enregistrés. En masquant ces contacts, l'activité du mois d'octobre est comparable au mois de juin.

Une étude menée en Loire-Atlantique par le GMB (Groupe Mammalogique Breton) a démontré que les chiroptères étaient surtout victimes des éoliennes entre les mois de juillet et octobre. Les noctules communes sont davantage retrouvées mortes en août (avec plus de dix cas de mortalité recensés en juillet et en septembre en 2020 selon l'étude du GMB) tandis que la Pipistrelle de Nathusius l'était en septembre et en octobre. Ces conclusions sont obtenues à partir d'un faible échantillonnage, mais permettent d'émettre des hypothèses concernant les périodes à risques pour les chiroptères.

Figure 60 - Distribution mensuelle des cas de mortalité des chiroptères (GMB)

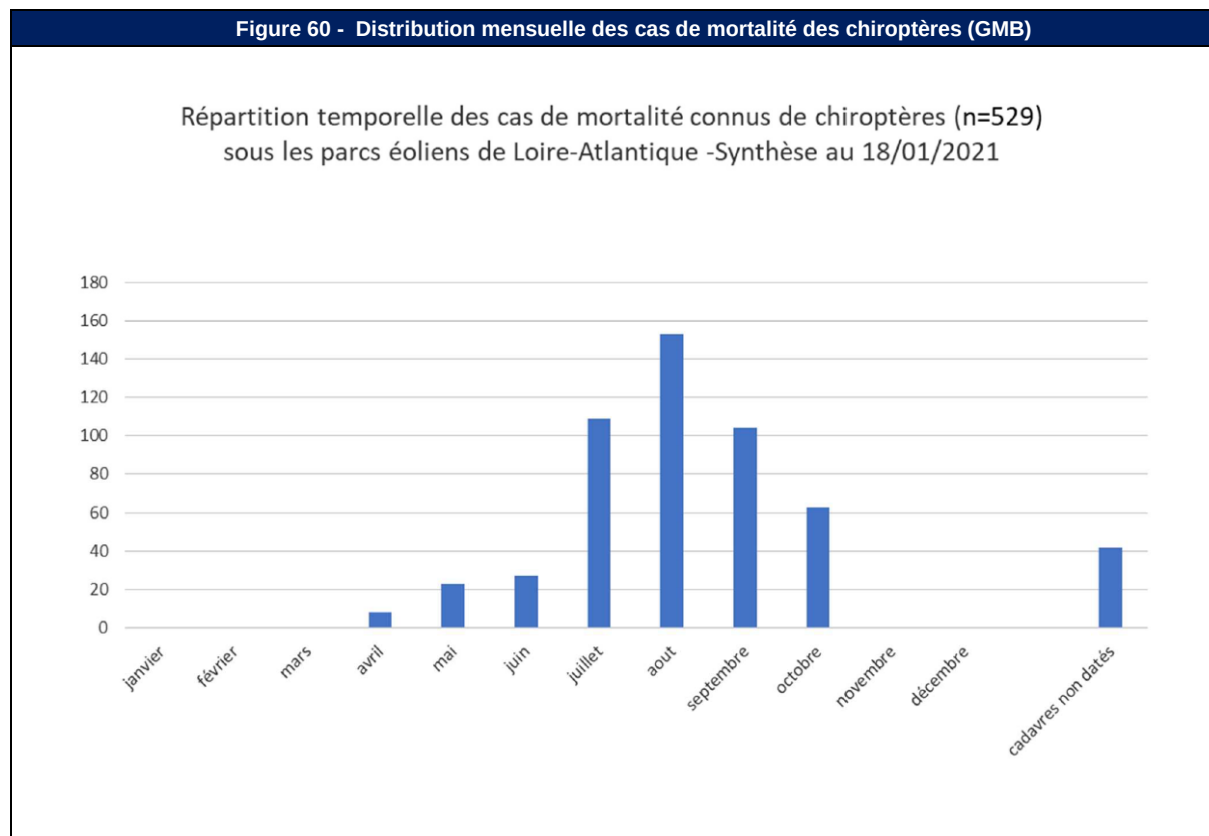
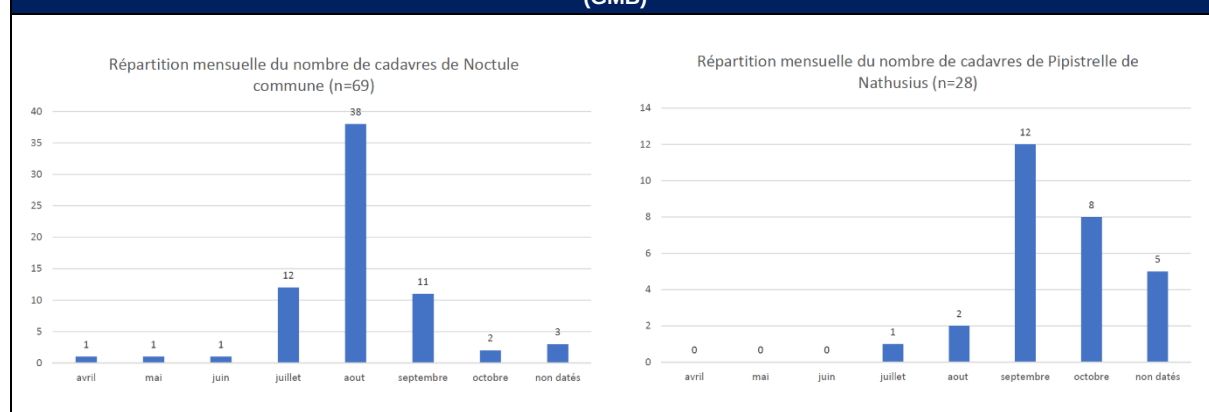


Figure 61 - Distribution mensuelle des cas de mortalité de la Noctule commune et de la Pipistrelle de Nathusius (GMB)



3.6.4. L'heure de la nuit

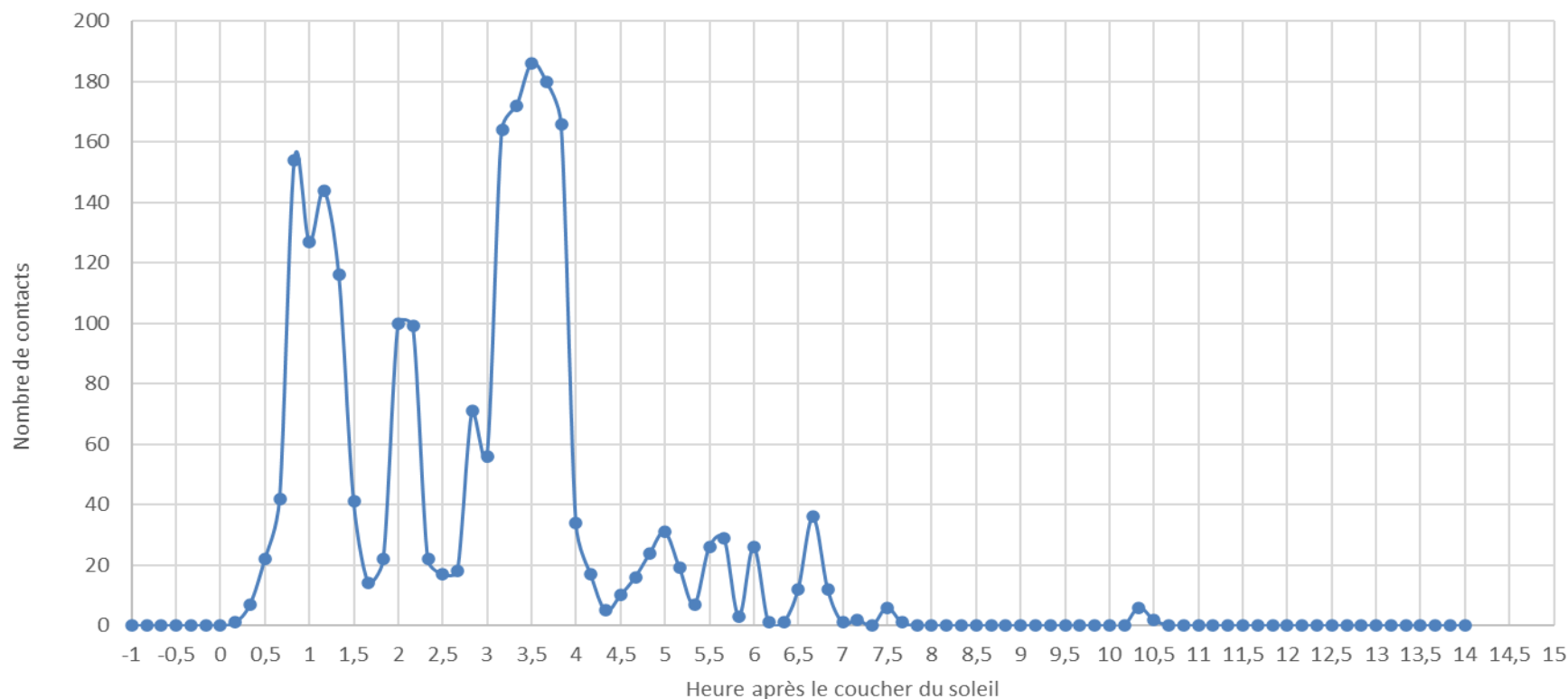
Heure après le coucher de soleil

Figure 62 - Nombre de contacts enregistrés en fonction des heures de la nuit		
Heure de passage	Nombre de contacts cumulés	Pourcentages cumulés
Une heure avant jusqu'au coucher du soleil	0	0,00
Du coucher à 1h après le coucher	260	11,46
Du coucher à 2h après le coucher	704	31,04
Du coucher à 3h après le coucher	1032	45,50
Du coucher à 4h après le coucher	1952	86,07
Du coucher à 5h après le coucher	2059	90,78
Du coucher à 6h après le coucher	2186	96,38
Du coucher à 7h après le coucher	2251	99,25
Du coucher à 8h après le coucher	2260	99,65
Du coucher à 9h après le coucher	2260	99,65
Du coucher à 10h après le coucher	2260	99,65
Du coucher à 11h après le coucher	2268	100,00
Toute la nuit (ou durée de l'enregistrement)	2268	-

Il apparaît que l'activité a majoritairement eu lieu pendant les **5 heures** qui ont suivi le coucher de soleil. Ce paramètre est le plus difficile à appréhender, car il dépend fortement des conditions météorologiques et de la période.

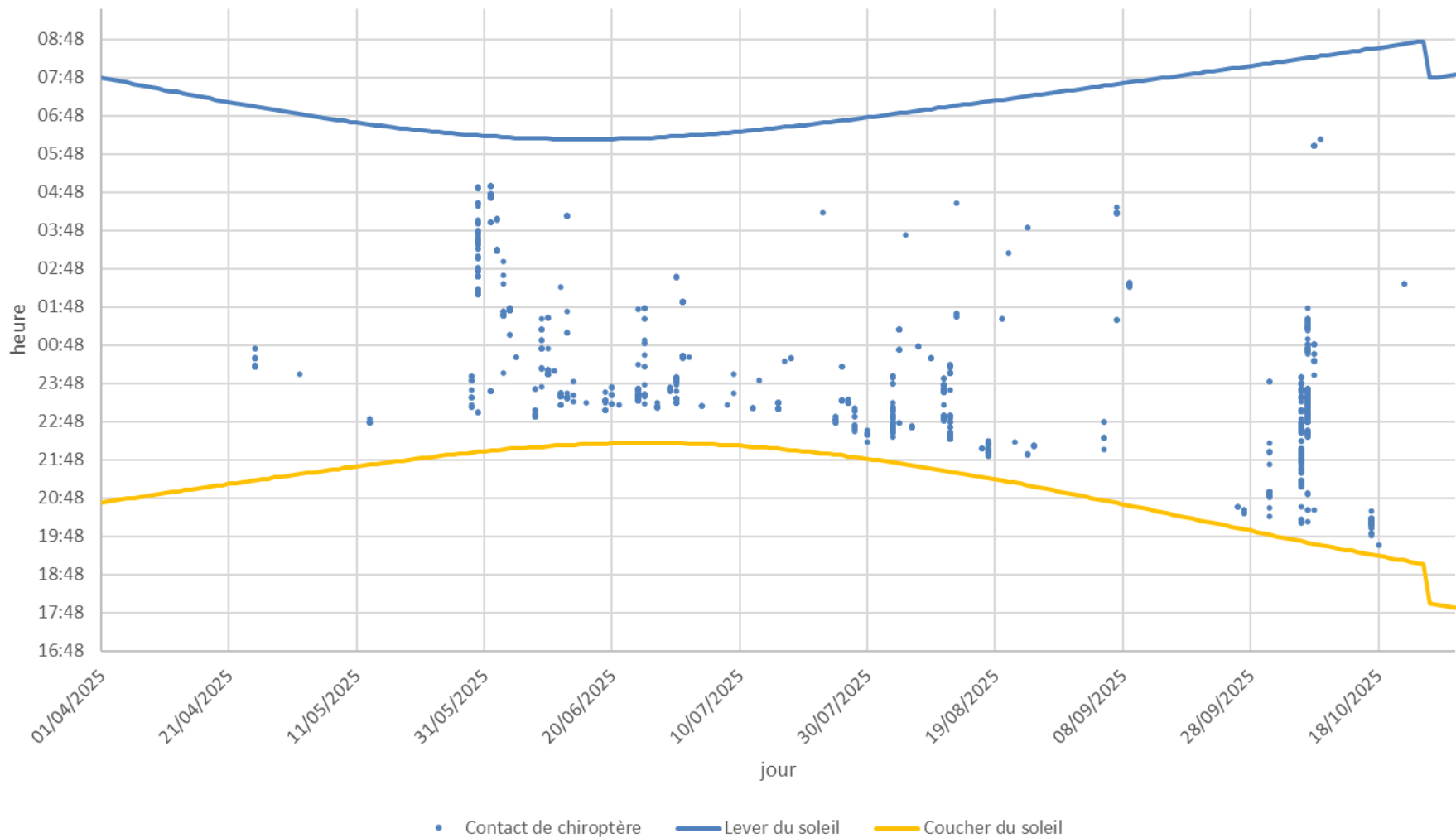
Pic de sortie

Figure 63 - Nombre de contacts enregistrés en fonction des heures de la nuit



L'activité chiroptérologique moyenne au cours de la nuit est élevée durant les quatre premières heures après le coucher du soleil. Plus de 90% de l'activité est enregistrée au cours des 5 premières heures de la nuit. Un pic d'activité est observable entre 0,5 et 1,5 heures après le coucher du soleil, puis deux autres pics d'activité apparaissent 2 heures après le coucher du soleil et 3,5 heures après le coucher. L'activité décroît ensuite progressivement.

Figure 64 - Cycle circadien d'après les données 2025



4. Vérification de l'efficacité du bridage et amélioration

4.1. Bridage actif en 2024-2025

Une mesure de bridage de toutes les éoliennes à l'exception d'E2 a été mise en place selon les paramètres présentés ci-après :

Figure 65 - Modalités de bridage en vigueur en 2025			
Période	1er avril au 31 mai	1 ^{er} juin au 14 août	15 août au 31 octobre
Eoliennes	E1-E3-E4-E5		
Vitesse de vent	≤ 4,5 m/s	≤ 5,5 m/s	≤ 5,8 m/s
Température	≥ 13°C	≥ 12°C	≥ 13°C
Horaire de mise en application	Du coucher du soleil au lever du soleil	Du coucher du soleil et 30 minutes avant le lever du soleil	

Le bridage a été instauré à partir du 1^{er} avril 2024.

4.2. Nombre de contacts protégés par le bridage 2025

Figure 66 - Nombre de contacts enregistrés durant toute la période du suivi et nombre de contacts protégés par le bridage en 2025		
Paramètre	Nombre de contacts	Pourcentage d'activité
Nombre de contacts non protégés par les conditions de bridage	15	0,66 %
Nombre de contacts protégés en condition de bridage	2253	99,34 %
Total	2268	100,00 %

Le bridage adopté en 2025 (du 1^{er} avril au 31 octobre) appliqué aux données obtenues lors des écoutes en nacelle a permis de protéger **99,34 %** de l'activité chiroptérologique.

Figure 67 - Nombres de contacts 2025 par espèce protégé par le bridage			
Espèce	Nombre de contacts		Pourcentage d'activité protégée
	Détectés en 2025	Protégés en 2025	
Noctule commune	34	34	100,0%
Noctule de Leisler	317	313	98,7%
Pipistrelle commune	1698	1687	99,4%
Pipistrelle de Nathusius	22	22	100,0%
Pipistrelle de Kuhl	197	197	100,0%
Total	2268	2253	99,34%

Il est également possible de vérifier le pourcentage d'activité protégée par espèce pour vérifier l'efficacité du bridage pour les espèces qui en étaient notamment les cibles (noctules notamment). Avec le bridage actuel, 98,7% des noctules de Leisler ont théoriquement été protégées. De la même façon, 100% des noctule communes ont été théoriquement protégées. La Pipistrelle commune a un taux de protection égale à 99,4% tandis que le taux de protection pour la Pipistrelle de Nathusius et la Pipistrelle de Kuhl est de 100%. Aucun cas de mortalité n'a été constaté cette année sous l'éolienne E5, il semblerait donc que le bridage appliqué soit efficace. Cependant, seulement l'éolienne E5 a été prospectée lors de l'année 2025.

Une analyse par saison permet de noter que lors de la période des transits printaniers, 100% des contacts sont théoriquement protégés. Cette saison a toutefois été très pauvre en activité où, pour rappel, seulement 128 contacts ont été recensés.

En période de mise-bas, le bridage actuel permet de protéger théoriquement 99,10% des contacts de chiroptères. La Pipistrelle commune est théoriquement couverte à 99,00% et la Noctule de Leisler est protégée à 98,90%. Les autres espèces contactées en cette saison sont théoriquement couvertes à 100,00%.

Enfin en période des transits automnaux, le bridage permet de couvrir théoriquement 99,50% des contacts totaux. La Pipistrelle commune est théoriquement couverte à 99,50% et la Noctule de Leisler est théoriquement protégée à 95,00%. Le reste des espèces sont couvertes théoriquement à 100,00% (pour la Noctule commune, la Pipistrelle de Nathusius et la Pipistrelle de Kuhl).

5. Conclusion sur l'activité chiroptérologique

Cinq espèces de chiroptères ont été détectées au niveau de l'éolienne E5 du parc de Radenac. Parmi elles, quatre sont patrimoniales : la Noctule de Leisler, la Pipistrelle commune, la Pipistrelle de Nathusius et la Noctule commune. La Pipistrelle de Kuhl a également été détectée lors de l'année 2025. Pour rappel, sont considérées comme patrimoniales les espèces soumises à un statut de conservation défavorable aux échelles régionale, nationale et européenne (à partir du statut « NT » des Listes rouges de l'UICN), ainsi que les espèces d'intérêt communautaire (Directive « Habitat faune/flore ». Seule la Pipistrelle de Kuhl n'est pas considérée d'intérêt patrimonial, car elle ne possède pas de statut de conservation défavorable, néanmoins l'espèce est protégée en France.

Les écoutes en nacelle ont permis de comprendre l'utilisation du site par les chiroptères. Il en ressort une exposition forte à la collision et au barotraumatisme de la **Pipistrelle commune** durant la période de mise-bas et des transits automnaux. La **Noctule de Leisler** est également sujette à un risque de mortalité fort en période de mise-bas et modéré lors des autres saisons. Les autres espèces contactées (**Pipistrelle de Nathusius**, **Pipistrelle de Kuhl** et **Noctule commune**) ont un risque de collision/barotraumatisme jugé modéré à fort lors de toutes les périodes étudiées Seul le risque lié à la Noctule commune lors des transits printaniers n'a pas été évalué.

D'après l'analyse de l'influence de certains paramètres sur l'activité, il apparaît que les individus circulent préférentiellement pour des températures supérieures ou égales à 15°C et des vents inférieurs ou égaux à 5,5 m/s.

L'activité est majoritairement enregistrée en été et en automne (juin à octobre). Un pic d'activité a eu lieu la nuit du 7 octobre 2025 avec 846 contacts bruts enregistrés. Cette activité pourrait s'expliquer par un retour d'une météo favorable au début du mois d'octobre (augmentation de la température et baisse du vent).

Le bridage mis en place en 2024 a permis de protéger 99,34% de l'activité chiroptérologique lorsque ce bridage est rapporté à l'activité enregistrée au cours de 2025. Au vu des résultats, le bureau d'études ENVOL Environnement ne propose pas une révision des modalités du bridage.

DISCUSSION SUR LES IMPACTS RÉSIDUELS ET ADAPTATION DES MESURES CORRECTIVES

1. Discussion sur les résultats de mortalité

1.1. Nuancement des résultats

Les modèles d'estimations de la mortalité se basent tous sur la mesure de divers indices ayant chacun une influence plus ou moins marquée sur les calculs. En ce sens, si l'efficacité de l'observateur est mauvaise, la durée de persistance courte et la surface de prospection médiocre, les calculs considéreront que l'efficacité globale du protocole est mauvaise malgré la détection avérée de cadavres et corrigeront les estimations à la hausse. Cependant, bien que les tests soient opérés de manière sérieuse, ils sont soumis à des biais aléatoires sur lesquels il est extrêmement difficile d'agir afin d'en assurer la reproductibilité.

Par exemple, lors du dépôt des cadavres tests, il est compliqué de prédire l'attitude des prédateurs. En plaçant les souris sur une surface relativement restreinte et dans un paysage dégagé (comme ça a été le cas ici), il peut être extrêmement aisé pour un prédateur tel qu'un renard de rafler la totalité des dépouilles en peu de temps. Les souris sont en effet petites et s'emportent facilement.

Il n'est également pas possible de prédire qu'un groupe de nécrophages (corbeaux, corneilles, carnivores...) colonise précisément le secteur juste après le dépôt des cadavres. En effet, le test entraîne la disposition simultanée de plusieurs cadavres qui ont donc une chance élevée d'être consommés en même temps tandis que la mortalité causée par les éoliennes est aléatoire, ne faisant tomber au sol qu'une proie de temps à autre. Schématiquement, un renard qui passe par là et qui trouve une souris morte aura tôt fait de trouver les autres à proximité par l'odorat tandis que s'il trouve un cas de mortalité issue d'une collision avec une éolienne, il y a de fortes chances pour que le cas soit isolé et il faudra qu'il revienne spécifiquement sur le secteur à un autre moment pour potentiellement consommer une seconde victime de l'éolienne.

De manière similaire, l'influence du pourcentage de prospection est capitale dans les modèles prédictifs et en raison du maintien d'une agriculture intensive sous les éoliennes, certaines zones de surplomb sont périodiquement (ou totalement) inaccessibles. Il est donc très délicat de connaître le pourcentage de cas de collision/barotraumatisme manqués tombés sur ces zones non prospectables, ce qui entraîne une extrapolation mathématique qui n'est pas forcément le reflet de la réalité.

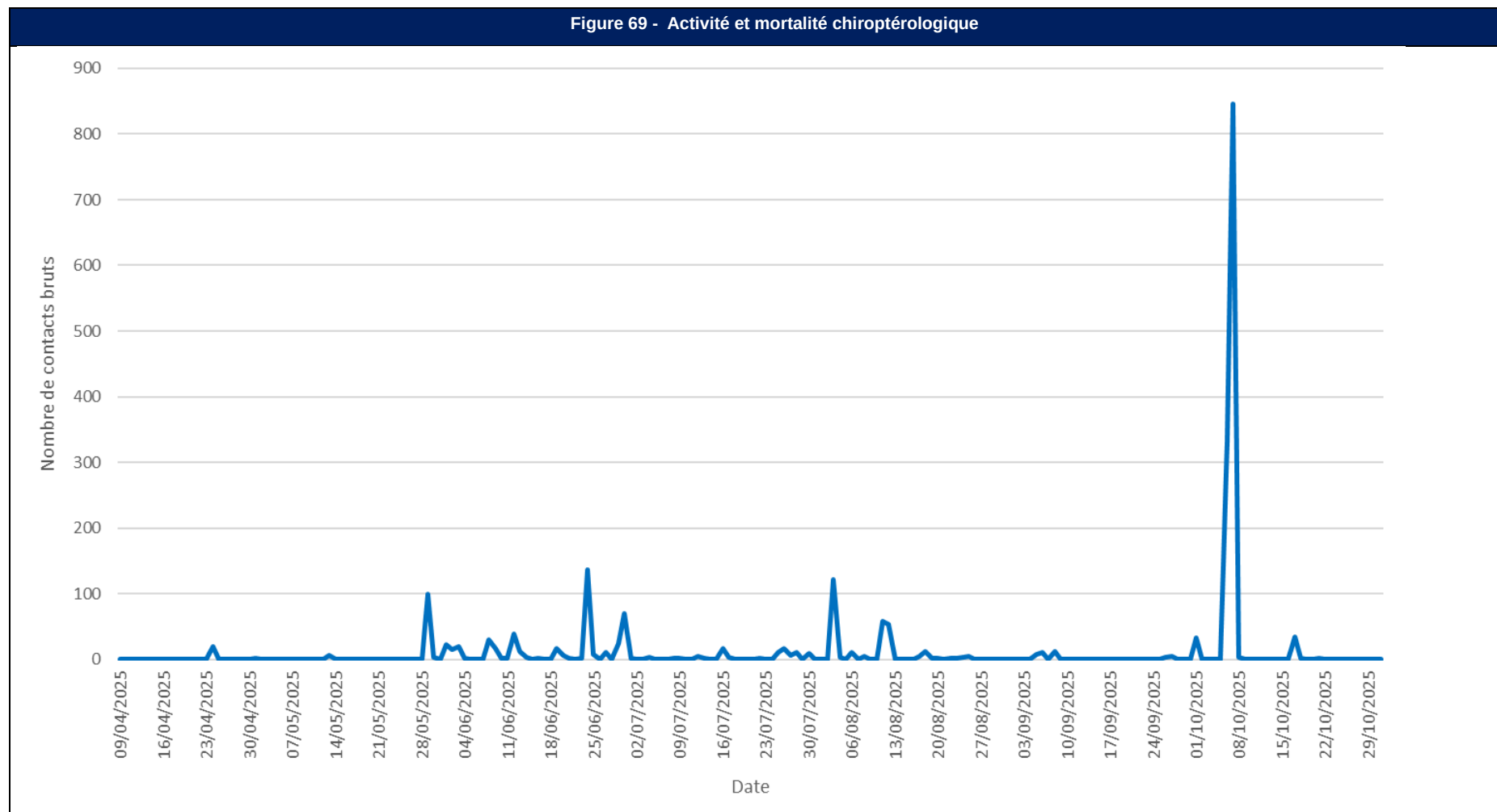
Figure 68 - Influence des différents indices sur les projections calculées				
Saison	Qualité de l'indice			Finalité
	Efficacité de l'observateur	Persistance	Surface prospectée	
Printemps 2025	100%	3,5 jours	21%	Surestimation des cas
Été 2025	100%	3,65 jours	63%	Surestimation des cas
Automne 2025	100%	3,8 jours	21%	Surestimation des cas

Il est aussi globalement admis que, quel que soit le modèle utilisé, il existe une forte corrélation entre la précision des estimations et le nombre de cadavres retrouvés (Korner-Nievergelt *et al.* 2011). S'il y a moins de 10 cadavres retrouvés, la précision des modèles est jugée faible.

Également, les modèles proposés ont été créés sur la base d'études américaines où la durée de persistance est très longue (32 jours d'après Arnett *et al.* 2009). Il est ainsi considéré que le modèle de Huso notamment surestime les projections en cas de faible durée de persistance.

1.2. Activité chiroptérologique

Au niveau du parc de Radenac, l'activité chiroptérologique est faible à forte. Néanmoins, des pics d'activités sont relatés et peuvent impliquer un risque de mortalité significatif.



2. Analyse des espèces impactées

2.1. Effets résiduels sur les espèces impactées

➤ Avifaune

Le Suivi Temporel des Oiseaux Communs (STOC) mené entre 2001 et 2019 donne l'état des populations avifaunistiques. Etant donné qu'aucun cadavre n'a été trouvé, **le fonctionnement du parc ne génère pas d'impacts significatifs sur les populations concernées.**

➤ Chiroptères

Vigie Chiro fournit des estimations de déclin des populations de quelques espèces de chauves-souris entre 2006 et 2023.

La population de la Pipistrelle commune est en déclin significatif en France (-23,6%). La Pipistrelle de Kuhl est marquée par un déclin (7,7%) mais qui n'est pas considéré significatif par le bilan Vigie Chiro. Deux cadavres de ces espèces ont été recensés en septembre 2024, ainsi qu'un cadavre d'une espèce non identifiée. Ces espèces sont les plus impactées par l'éolien.

L'absence de cadavres en 2025 de cadavre indique que le **fonctionnement du parc ne génère pas d'impacts significatifs sur les populations concernées.**

➤ Synthèse

Aucun cas de mortalité n'a été référencé lors du suivi 2025 sous l'éolienne E5 du parc de Radenac.

Le parc éolien est localisé en milieu agricole, entouré par des haies, des boisements et des milieux prairiaux. Les éléments arborés sont des secteurs de transit et de chasse pour les chiroptères. Aucun cadavre de chiroptère n'ayant été observé, la mortalité des chiroptères est peu significative à l'année.

Chez les oiseaux, aucun cas de mortalité n'a été observé. Le paysage dans lequel s'insère le parc éolien est également favorable à l'avifaune. Les haies et les boisements sont utilisés pour la reproduction, les cultures et prairies pour l'alimentation. La mortalité aviaire semble peu significative à l'année et pas de nature à remettre en question le bon équilibre des populations locales.

3. Réflexion sur la mise en place de mesures supplémentaires

3.1. Ajustement des paramètres du bridage

Le bridage actuel protège 99,34 % de l'activité chiroptérologique. Il n'est pas nécessaire de modifier les paramètres de bridage.

3.2. Maintien de l'entretien des plateformes

Afin de limiter l'attractivité des surfaces de surplomb des éoliennes, un entretien régulier est vivement recommandé. Cet entretien peut consister en une coupe rase des végétaux, afin de diminuer la densité en proies potentielles. Ceci concerne notamment les rapaces, mais bénéficie également aux chiroptères et à tout autre animal volant intéressé par la végétation haute, dense et surtout, pérenne accompagnant la plateforme.

A noter que cet entretien est déjà en cours et qu'il est donc simplement recommandé de le maintenir en réalisant les interventions selon le calendrier suivant :

- Une intervention fin février, avant la période de nidification
- Une intervention à partir de mi-août, après la période de nidification

La végétation est susceptible de repousser rapidement au printemps. Ces milieux peuvent également être colonisés par des espèces nicheuses. L'intervention de fauche en période de nidification peut donc s'avérer préjudiciable pour les espèces qui exploitent ces milieux. Au regard de la faible emprise des zones de friche mésophile, nous recommandons la minéralisation de ces espaces dans le but de limiter au maximum l'attractivité de ces milieux pour la faune.

Figure 70 - Photographie des zones à entretenir (E5, novembre 2025)



Il est également recommandé de ne pas disposer de graines, de réservoirs d'eau, de tas de fumier ou de branches, etc. afin de limiter l'attractivité des abords des éoliennes dans un rayon de 200 mètres autour des éoliennes. Il est également conseillé de retirer ou de veiller à ne pas installer des structures pouvant être utilisées comme perchoir pour l'avifaune. Ainsi, il est recommandé :

- D'équiper les panneaux d'information de systèmes « anti-pigeon » afin d'éviter tout attrait de ces structures pour les rapaces ou autres oiseaux.
- De veiller à ne pas installer de clôture agricole sous l'emprise des rotors pour éviter d'attirer l'avifaune.

Figure 71 - Photographie des perchoirs potentiels pour l'avifaune à éviter (photographie prise hors site)



SUIVI DE LA MISE EN PLACE DE ZONE HUMIDE COMPENSATOIRE

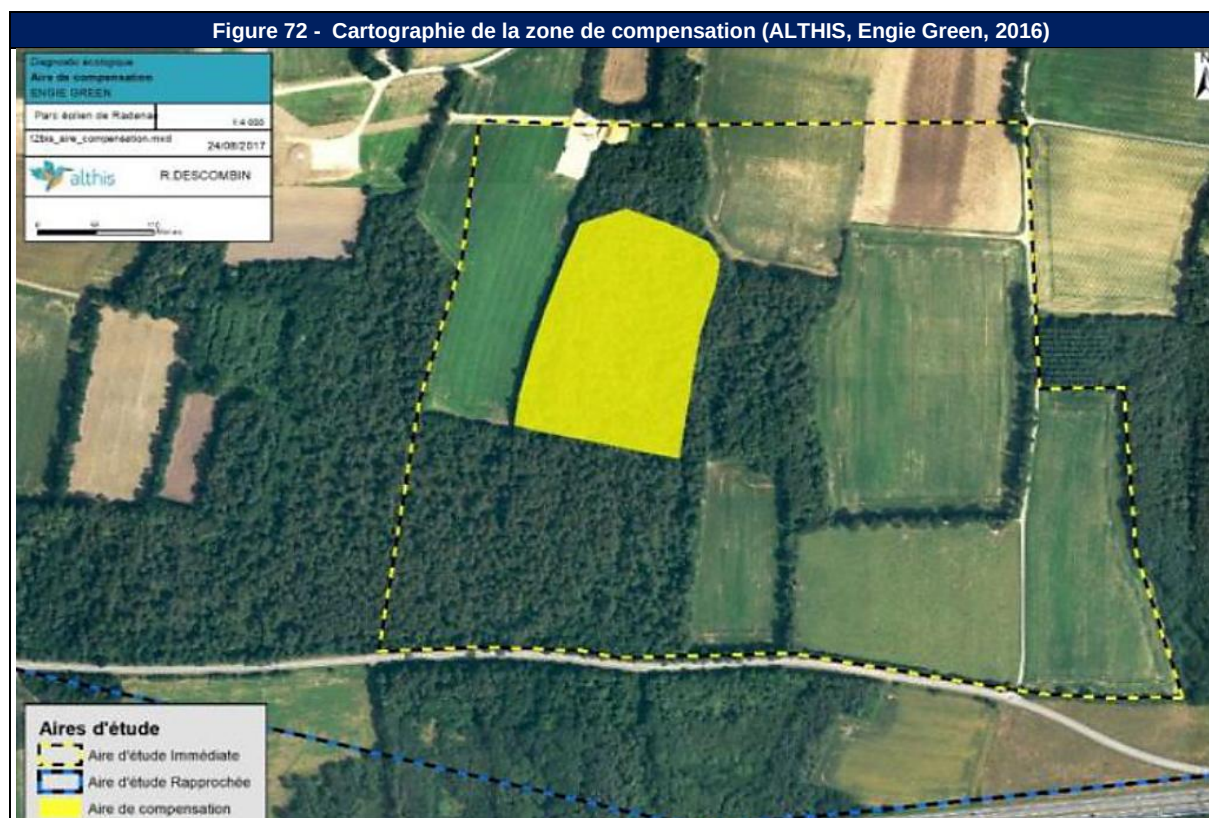
1. Description de l'habitat humide (étude d'impact 2016)

L'habitat suivant fait l'objet d'une mesure de restauration compensatoire. Le paragraphe ci-dessous est extrait du volet naturaliste de l'étude d'impact (Althis, Engie Green, 2016) :

Lande humide sous pinède (Cor. 31.12 x 83.3)

« Il s'agit d'un habitat d'intérêt communautaire prioritaire dégradé. La lande est caractérisée par la présence de la Bruyère à 4 angles (*Erica tetralix*), de la Bruyère ciliée (*Erica ciliaris*), de l'Ajonc nain (*Ulex minor*), de l'Ajonc d'Europe (*Ulex europaeus*), du Saule rampant (*Salix repens* subsp. *repens*), et localement des coussinets de sphaignes (*Sphagnum* sp.). L'hybride de la Bruyère ciliée et la Bruyère à quatre angles, la Bruyère de Watson (*Erica watsonii*) y ont été rencontrés. La Molinie, graminée des milieux acides est très abondante. Sur le site, ces landes humides sont toutes boisées en conifères et donc elles sont localement plus ou moins dégradées. Les secteurs en meilleur état de conservation sont situés dans les clairières et les parties présentant les plus faibles densités en conifères. La lande sous pinède est d'intérêt communautaire (Code Natura 2000, Eur : 4010 et intitulé dans la Directive habitat « Landes humides atlantiques septentrionales à *Erica tetralix* »).

Selon l'étude d'impact, cet habitat prioritaire dégradé intègre « un périmètre éligible pour la mise en œuvre d'une mesure de compensation (SAGE Blavet, Plan de gestion de la Lande de VACHEGARD – Zone humide remarquable) ». Le périmètre est cartographié ci-après (Althis, Engie Green, 2016).



2. Suivi de la restauration de la lande humide

Le suivi, commencé en 2023, doit être poursuivi sur quinze ans. Jusqu'à N+5 le suivi sera annuel. Après N+5 le suivi se fera tous les deux ans. Pour rappel, le plan de suivi suivant est appliqué :

Figure 73 - Calendrier prévisionnel pour le suivi post-restauration de la lande à Molinie			
Année après travaux 2023	Année calendaire	Nombre de passages	Objectif
N0	2023	1	<u>Suivi flore et habitats en juillet 2023</u>
N+1	2024	1	<u>Suivi flore et habitats</u> : colonisation par la flore, inventaire des espèces
N+2	2025	4	<u>Suivi flore et habitats</u> : colonisation par la flore, inventaire des espèces <u>Suivi insectes</u> : papillons, odonates, orthoptères
N+3	2026	4	<u>Suivi flore et habitats</u> : colonisation par la flore, inventaire des espèces <u>Suivi insectes</u> : papillons, odonates, orthoptères
N+4	2027	4	<u>Suivi flore et habitats</u> : colonisation par la flore, inventaire des espèces <u>Suivi insectes</u> : papillons, odonates, orthoptères
N+5	2028	4	<u>Suivi flore et habitats</u> : colonisation par la flore, inventaire des espèces <u>Suivi insectes</u> : papillons, odonates, orthoptères
N+7	2030	4	<u>Suivi flore et habitats</u> : colonisation par la flore, inventaire des espèces <u>Suivi insectes</u> : papillons, odonates, orthoptères
N+9	2032	4	<u>Suivi flore et habitats</u> : colonisation par la flore, inventaire des espèces <u>Suivi insectes</u> : papillons, odonates, orthoptères
N+11	2034	4	<u>Suivi flore et habitats</u> : colonisation par la flore, inventaire des espèces <u>Suivi insectes</u> : papillons, odonates, orthoptères
N+13	2036	4	<u>Suivi flore et habitats</u> : colonisation par la flore, inventaire des espèces <u>Suivi insectes</u> : papillons, odonates, orthoptères
N+15	2038	4	<u>Suivi flore et habitats</u> : colonisation par la flore, inventaire des espèces <u>Suivi insectes</u> : papillons, odonates, orthoptères

Les cinq premières années du suivi, avec un seul passage annuel (N0, N+1) puis quatre (N+2 à N+15), permettront de jauger l'efficacité de la mesure et des travaux entrepris. Ils se focaliseront sur la flore et sur les habitats. Les autres taxons seront notés en cas d'observation, mais ne feront pas l'objet d'un protocole d'étude particulier. Les dates des passages annuels restent à définir, mais une des prospections de terrain devra impérativement être réalisées en juin ou juillet pour maximiser le nombre d'espèces observées (développement maximal de la végétation en été dans les landes humides).

Les années suivantes, un suivi bisannuel de quatre passages (deux passages spécifiques à la zones humide et deux passages spécifique au suivi du Miroir), devrait permettre de mener des inventaires plus complets avec notamment intégration d'inventaires entomologiques (Lépidoptères, Odonates, Orthoptères). Le Miroir (*Heteropterus morpheus*), espèce à enjeu de conservation déjà observée, pourra faire l'objet d'une attention particulière. Aussi, les

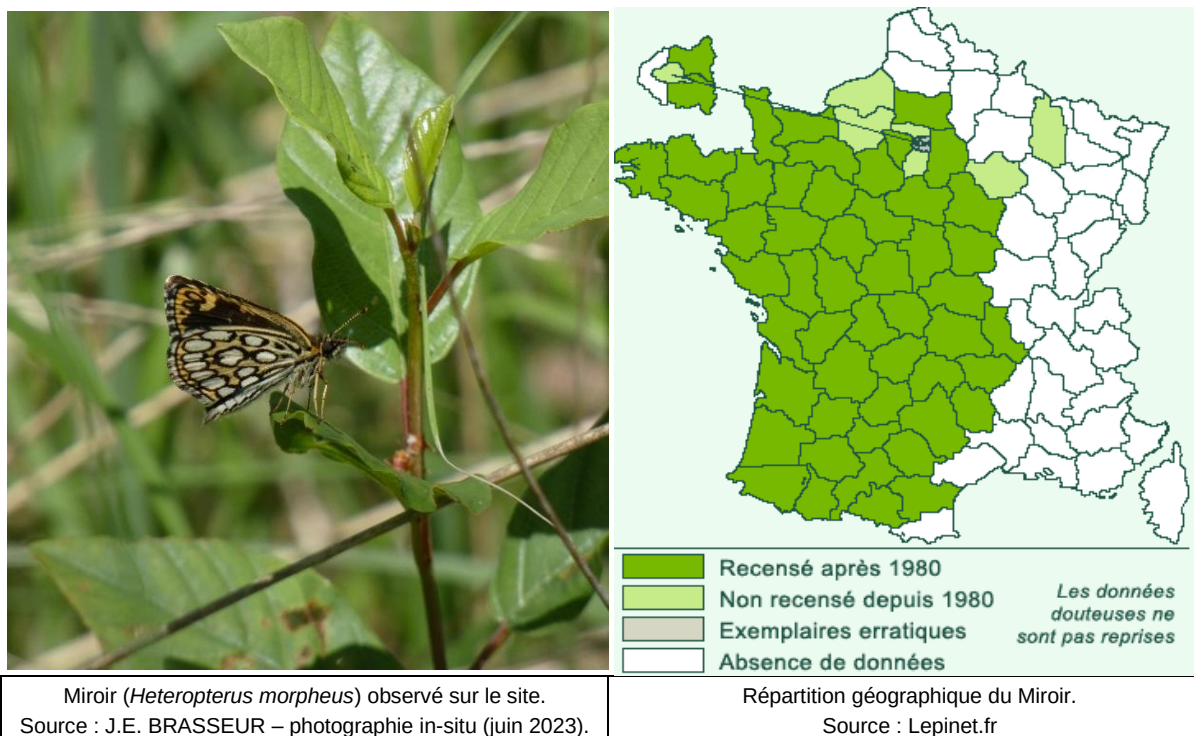
espèces à enjeu observées lors des cinq premières années du suivi feront l'objet d'une attention particulière voire d'un protocole spécifique.

2.1. Suivi N0 (avant et pendant les travaux de génie écologique)

➤ Juin 2023

En 2023, les prospections de terrain (09 et 30 juin) ont confirmé le diagnostic habitats de 2016. La lande humide sous pinède ne montre aucune évolution remarquable. Il est cependant fort probable que le milieu continue à se fermer par colonisation des ligneux. Le périmètre n'était pas humide en surface et seul le sol est humide.

Nous avons observé en juin le Miroir (*Heteropterus morpheus*). Ce papillon est quasi menacé en Bretagne, région qui porte une responsabilité biologique pour l'espèce à l'égard de la répartition française de cette dernière (absente de l'est de la France et lacunes importantes dans de nombreux départements dans lesquels l'espèce est présente). Le Miroir est très fortement dépendant des zones humides, et de la Molinie particulièrement (plante hôte principale).



Lors du passage en juin 2023, on constate que le milieu continue à se fermer par colonisation des ligneux. Les pins sont autant de semenciers et des petits sujets et des plantules sont observés. L'habitat est encore le même dans son cortège mais va lentement vers un système forestier moins humide, avec cependant une Molinie encore bien présente dans les années à venir.

➤ Octobre 2023

En octobre 2023, des travaux de réouverture de la lande humide sont entrepris. De nombreux arbustes sont coupés sans dessouchage (ce qui n'est pas un problème puisque le pin ne rejette pas de souche) ou arrachés lors d'un gyrobroyage. La réouverture est visible mais encore insuffisante, la strate arborée étant encore préservée lors de notre passage (31-10-2024). Cette réouverture néanmoins devait être poursuivie en fin d'année 2023 (communication personnelle du forestier qui intervenait lors de notre passage).



2.1. Suivi N + 1 (après les travaux de génie écologique)

Le passage prévu cette année a été divisé en deux demi-journée, celles-ci réparties en juillet et octobre.

➤ Juillet 2024

En juillet 2024, on constate que trop d'arbres sont encore présents, au moins dans certains îlots. Il eût été préférable d'ouvrir davantage la strate arborée dominée par les pins.

La végétation, forcément perturbée après les travaux forestiers, demeure identique dans son cortège floristique et recolonise progressivement les zones gyrobroyées.

➤ Octobre 2024

En octobre 2024, le même constat est fait qu'en juillet 2024 : les travaux semblent terminés et trop d'arbres sont encore présents. Sur une si petite surface (6000 m²), l'ouverture complète, en l'absence semble-t-il d'arbres à dendromicrohabitats, aurait dû être réalisée.



Evolution de la zone humide sous pinède

Source : J.E. BRASSEUR – photographie in-situ (octobre 2024).

➤ Janvier 2025

En janvier 2025 les travaux d'ouverture se poursuivent. Plusieurs arbres sont coupés permettant la réouverture du milieu. Ainsi, les prescriptions de gestion citées à l'arrêté préfectoral du 29 mars 2019 ont bien été respectées.



Evolution de la zone humide sous pinède

Source : ENGIE Green – photographie in-situ (janvier 2025).

La date de réalisation de ces derniers travaux d'ouverture du milieu ayant été réalisés fin 2024 début 2025, il était trop tôt pour réaliser un suivi floristique pour caractériser la fonctionnalité de cette zone de compensation. Ainsi, un suivi de la végétation et de sa dynamique commencera au printemps 2025.

2.2.Suivi N+2 (après les travaux de génie écologique)

➤ Juin et juillet 2025

Un suivi de la lande humide et de la population du Miroir (*Heteropterus morpheus*, Lepidoptera ; NT en Bretagne) a été réalisé en 2025.

Les travaux d'ouverture ont été réalisés selon les recommandations initiales. Les pins, pour la plupart, ont été coupés et débordés. Quelques semenciers sont encore sur pied comme le prévoyait les mesures de la première étude d'impacts.

La physionomie de la zone est marquée par les travaux forestiers récents et réalisés avec des engins de gros gabarit. Des ornières profondes, encore peu végétalisées, marquent le sol et quelques branches coupées restent sur place. Les ornières peuvent constituer des micro-habitats intéressants si elles ne sont pas détruites par le passage d'engins.

Il n'y a pas d'évolutions notables dans la végétation. L'habitat, une lande humide à Molinie, exprime toujours le même cortège floristique. Ce cortège est paucispécifique (généralement le cas quand la Molinie domine fortement) et une augmentation de la biodiversité floristique n'est pas notée en 2025. La strate arborée, très ouverte, est peuplée par le Pin sylvestre (*Pinus sylvestris*) ; la strate arbustive comprend la Bourdaine (*Frangula alnus*) et le Bouleau pubescent (*Betula pubescens*). Elle est très dominée par la Molinie (*Molinia caerulea*) et intègre quelques chaméphytes ligneux (*Erica tetralix*, *Calluna vulgaris*, *Ulex minor*). Tous ces résultats étaient attendus en N + 2.

Figure 75 - Lande humide à Molinie



Le suivi du Miroir (*Heteropterus morpheus*, Lepidoptera), dans sa période de vol et dans des conditions météorologiques favorables (juillet, température et vent permettant le vol actif), **a permis de recenser cinq individus** (double comptage possible) sur une période de deux heures d'observation. Nous n'avons pas observé de pontes mais des recherches en ce sens pourront être mises en place dans les prochaines années. La lande est très favorable à l'espèce car sa principale plante hôte est bien présente sur plusieurs hectares (zone suivie et au-delà).

En 2025 un suivi par placette n'était pas forcément judicieux eu égard aux conditions rencontrées à la suite des travaux récents (passages d'engins, tassement, terre remuée, rémanents, ornières, etc.). Dès 2026 (suivi N + 3), un suivi par placettes, en plus d'un suivi par transect, pourra être mis en place pour la végétation et pour les pontes de Miroir. Le protocole (nombre de placettes, emplacement, taille, fréquence d'inventaire) est à définir.

2.3.Préconisation et calendrier des prochains suivis de la zone humide compensatoire

Les suivis 2026 continueront de s'axer autour du suivi de la dynamique de végétation de la zone humide, ainsi que sur la présence du Miroir (*Heteropterus morpheus*). En 2026, les passages seront réalisés de façon à décrire les habitats et végétations à la suite de relevés phytosociologiques. Le protocole de relevé floristique sera construit de façon à ce qu'il soit reproductible (placette et transects géoréférencés par exemple).

Ces passages seront mutualisés suivant le calendrier suivant :

Thème	Déc.	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept	Oct.
Zone humide											
Miroir											

CONCLUSION

Les résultats du suivi de mortalité 2025 ne permettent pas de se prononcer quant aux impacts potentiels pressentis par les résultats obtenus lors des différents suivis environnementaux.

Il est à noter que l'absence de découverte de cadavres ne signifie pas absence de la mortalité.

En l'absence de cadavres d'oiseaux découverts, aucune atteinte à l'état de conservation des populations d'oiseaux n'est envisagée.

De la même manière pour les chiroptères, l'absence de cadavres permet de supposer qu'aucune atteinte à l'état de conservation des populations est envisagée. **Au regard du nombre modéré de contacts relevé à hauteur de rotor et la garde au sol relativement importante, le risque de collision/barotraumatisme est peu significatif. Le plan de bridage protège 99,34% de l'activité chiroptérologique, il ne nécessite pas d'ajustement.**

Concernant la mesure de compensation : les préconisations ont été suivies et la strate arborée a été convenablement éclaircie. La lande humide à Molinie est bien exprimée et ne montre pas de changements notables dans son cortège floristique. Le Miroir (*Heteropterus morpheus*, Lepidoptera) est présent et cinq observations ont été faites en un seul passage (ce qui correspond à un maximum de cinq individus puisqu'un double comptage est possible).

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ALTHIS, 2016. Suivi 2016 du busard Saint-Martin- Parc éolien de Radenac, 16p.

ALTHIS, 2016. Suivi de mortalité post-implantation de l'avifaune et des chiroptères 2016 - Parc éolien de Radenac, 22p.

ALTHIS, 2017. Suivi 2017 du busard Saint-Martin- Parc éolien de Radenac, 17p.

ALTHIS 2017. Projet d'extension du parc éolien de Radenac (56)- VOLET FAUNE-FLORE DE L'ETUDE D'IMPACT, 216p.

ALTHIS, 2018. Suivi 2018 du busard Saint-Martin- Parc éolien de Radenac, 16p.

ALTHIS, 2017. Suivi de mortalité post-implantation de l'avifaune et des chiroptères 2017 - Parc éolien de Radenac, 27p.

ANDRE, Y. (2009). Protocoles de suivis pour l'étude des impacts d'un parc éolien sur l'avifaune. LPO. 21p.

ARNETT, E.B., SCHIRMACHER, M. HUSO, M.M.P. & HAYES, J.P. (2009). Effectiveness of changing wind turbine cut-in-speed to reduce bat fatalities at wind facilities. An annual report submitted to the Bats and Wind Energy Cooperative. Bat Conservation International, Austin, Texas, USA.

ARTHUR L. & LEMAIRE M., 2005. *Les chauves-souris maîtresses de la nuit*. Delachaux et Niestlé, Lausanne, 268 p.

BARATAUD M., 2002, CD audio, Balades dans l'inaudible – identification acoustique des chauves-souris de France. Edition Sittelle. Mens, 51p

BARATAUD M. 2012 – Ecologie acoustique des chiroptères d'Europe, identification des espèces, étude de leurs habitats et comportements de chasse. Biotope, Mèze ; Muséum national d'Histoire naturelle, Paris (collection Inventaires et biodiversité), 344p.

BAS, Y., KERBIRIOU, C., ROEMER, C. & JULIEN, JF. (2020, June) : Bat population trends. Muséum national d'Histoire naturelle. Retrieved from <https://croemer3.wixsite.com/teamchiro/population-trends>

BIODIV'BRETAGNE : Consultation de la base de données : <https://data.biodiversite-bretagne.fr/accueil>

DGPR, DGALN, MTES., 2018. Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres, révision 2018.

DREWITT, A.L. AND LANGSTON, R.H.W. (2006). Assessing the impacts of wind farms on birds. Ibis, 148, 29-42.

DULAC P. - 2008 – Evaluation de l'impact du parc éolien de Bouin (Vendée) sur l'avifaune et les chauves-souris. Bilan de 5 années de suivi. LPO délégateur Vendée / ADEME Pays de la

Loire / CRPL, La Roche-sur-Yon - Nantes, 106 pages.

DÜRR T. (2025). - Vogelverluste an Windenergieanlagen / bird fatalities at windturbines in Europe - Daten aus der zentralen Fundkartei der Staatlichen Vogelschutzwarte im Landesumweltamt Brandenburg
<https://lfu.brandenburg.de/lfu/de/aufgaben/natur/artenschutz/vogelschutzwarte/arbeitssschwerpunkt-entwicklung-und-umsetzung-von-schutzstrategien/auswirkungen-von-windenergieanlagen-auf-voegel-und-fledermaeuse/#>

EUROBATS. Actualisation 2014. Lignes directrices pour la prise en compte des chauves-souris dans les projets éoliens.

FITTER R., ROUX F., 1986. Guide des oiseaux. Reader's Digest. Paris, 493p.

GENSBOL B., 1984. Guide des rapaces diurnes. Delachaux et Niestlé. Lausanne, 383p.

FONTAINE B. et al, 2020. Suivi des oiseaux communs en France – Résultats 2019 des programmes participatifs de suivi des oiseaux communs 1989/2019, 24p

GEO'BRETAGNE : Consultation de la base de données : <https://cms.geobretagne.fr/>

GROUPE MAMMALOGIQUE BRETON, 2016. Liste rouge des mammifères de Bretagne.

GROUPE MAMMALOGIQUE BRETON, 2020. Synthèse des cas de mortalité connus de chiroptères sous les parcs éoliens de Loire-Atlantique (44), 14p.

GROUPE MAMMALOGIQUE BRETON, 2022. Carte d'alerte « Risques éoliens pour les chiroptères en Bretagne » – Notice – T. DUBOS et T. LE CAMPION, GMB : <https://gmb.bzh/wp-content/uploads/2022/04/NOTICE-CoucheAlerteSIG-RisquesEoliensTerrestresChiropteresBzh.pdf>

Guillaume Gayet, Florence Baptist, Lise Maciejewski, Rémy Poncet, Farid Bensettiti, 2018. Guide de détermination des habitats terrestres et marins de la typologie EUNIS - version 1.0. AFB, collection Guides et protocoles, 230 pages

KORNER-NIEVERGELT, F. KORNER-NIEVERGELT, P. BEHR, O. NIERMANN, I. BRINKMANN, R. *et al.* (2011). A new method to determine bird and bat fatality at wind energy turbines. *Journal of Wildlife Biology*, 17 : 350-363.

LPO, Avril 2004. Protocoles de suivis pour l'étude des impacts d'un parc éolien sur l'avifaune, 20p.

LPO, 2017. Le parc éolien français et ses impacts sur l'avifaune. Etude des suivis de mortalité réalisés en France de 1997 à 2015, 92p.

LOUVEL J., GAUDILLAT V. & PONCET L., 2013. *EUNIS, European Nature Information System, Système d'information européen sur la nature. Classification des habitats. Traduction française. Habitats terrestres et d'eau douce.* MNHN-DIREV-SPN, MEDDE, Paris, 289 p.

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT, DE L'ENERGIE ET DE LA MER : Plan National d'actions en faveur des chiroptères 2016-2025, 83 p.

MULLANEY K., SVENSSON L., ZETTERSTROM D., GRANT P.J., 1999. *Le guide ornitho*. Les guides du naturaliste. Delachaux et Niestlé, Paris, 388p.

OUEST'AM, 2020. Impact des éoliennes sur les oiseaux et les chiroptères de l'ouest de la France : étude des suivis de mortalité de 2010 à 2019, 37p.

ONCFS, Denis Roux & al., 2004. Impact des éoliennes sur les oiseaux - Synthèse des connaissances actuelles – Conseil et recommandation, 40p.

RESEAU NATURA 2000 : Consultation du site internet pour répertorier les zones naturelles d'intérêt reconnu.

RODRIGUES, L., L. BACH, M.-J. DUBOURG-SAVAGE, B. KARAPANDZA, D. KOVAC, T. KERVYN, J. DEKKER, A. KEPEL, P. BACH, J. COLLINS, C. HARBUSCH, K. PARK, B. MICEVSKI, J. MINDERMAN (2015). Lignes directrices pour la prise en compte des chauves-souris dans les projets éoliens. Actualisation 2014. EUROBATS Publication Series N° 6 (version française). NEP/EUROBATS Secrétariat, Bonn, Allemagne, 133 p.

SIMONIS, J., DALTHORP, D.H., HUSO, M.M., MINTZ, J.M., MADSEN, L., RABIE, P., STUDYVIN, J., 2018, GenEst User Guide—Software for a Generalized Estimator of Mortality: U.S. Geological Survey Techniques and Methods, v. 7, no. C19, p. 72, <https://doi.org/10.3133/tm7C19>.

SFEPM, 2020. Alerte sur les éoliennes à très faible garde au sol et sur les grands rotors, 8p.

UICN France, BRETAGNE VIVANTE, GEOCA, LPO, ONCFS, BRETAGNE ENVIRONNEMENT (2015). La Liste rouge des oiseaux nicheurs et migrants de Bretagne.

UICN, MNHN, LPO, 2016. La Liste Rouge des espèces menacées en France : oiseaux de France métropolitaine, 32p.

UICN, MNHN, SFEPM, 2017. La Liste Rouge des espèces menacées en France : Mammifères de France métropolitaine, 16p.

1. ANNEXE 1 - Rappel de biologie des chiroptères

Par leurs mœurs nocturnes, les chauves-souris sont des animaux mal connus, craints, mal aimés voire honnis. Appartenant aux mammifères, leur corps est couvert de poils, elles sont vivipares et allaitent leurs petits.

Les chauves-souris forment l'ordre des Chiroptères (*Chiroptera*). Avec plus de 1 000 espèces connues dans le monde, elles représentent un quart des espèces de Mammifères connus et forment donc le second ordre le plus important de la classe des Mammifères (en termes de nombre d'espèces), après celui des Rongeurs (*Rodentia*). L'ordre des Chiroptères est subdivisé en deux sous-ordres : les Mégachiroptères et les Microchiroptères. Un sous-ordre fossile existe également, les Eochiroptères.

Les chiroptères présentent une grande diversité de formes et de mœurs, qui s'explique par le nombre élevé d'espèces différentes et leur large aire de répartition géographique. Quelques éléments relatifs à cette diversité peuvent être cités :

La plus petite des chiroptères, le Kitti à nez de porc (*Craseonycteris thonglongyai*) a été découverte en Thaïlande en 1973. Elle pèse deux grammes et mesure environ trente millimètres, ce qui signifie qu'elle n'est pas plus grande que notre pouce. C'est l'un des plus petits mammifères au monde. À l'opposé, les plus grands chiroptères, pèsent près d'un kilogramme et atteignent 1,70 mètre d'envergure. Ce sont des espèces qui appartiennent au sous-ordre des Mégachiroptères et aux genres *Pteropus* et *Rousettus*, qui se retrouvent en Indonésie et qui sont communément désignées sous le nom de Kalong.

Les régimes alimentaires varient selon les espèces et les latitudes, elles peuvent consommer du pollen, du nectar, des fruits, des insectes, de petits vertébrés, des poissons, du sang...

Tandis que certaines espèces vivent en colonies, lesquelles peuvent comptabiliser jusqu'à des centaines de milliers d'individus, d'autres préfèrent la solitude. Toutefois, toutes les espèces ont toutes une vie sociale évoluée. Grâce à la technique du baguage, il a été montré que certaines espèces peuvent se déplacer sur plus de mille kilomètres, tandis que d'autres sont plutôt sédentaires.

En Europe, il existe 39 espèces de chiroptères., toutes insectivores. Elles appartiennent au sous-ordre des Microchiroptères et sont regroupées en quatre familles (*Miniopteridae*, *Molossidae*, *Rhinolophidae* et *Vespertilionidae*). Ces espèces sont adaptées aux conditions climatiques particulières de nos régions tempérées.

En France métropolitaine, 36 espèces sont recensées.

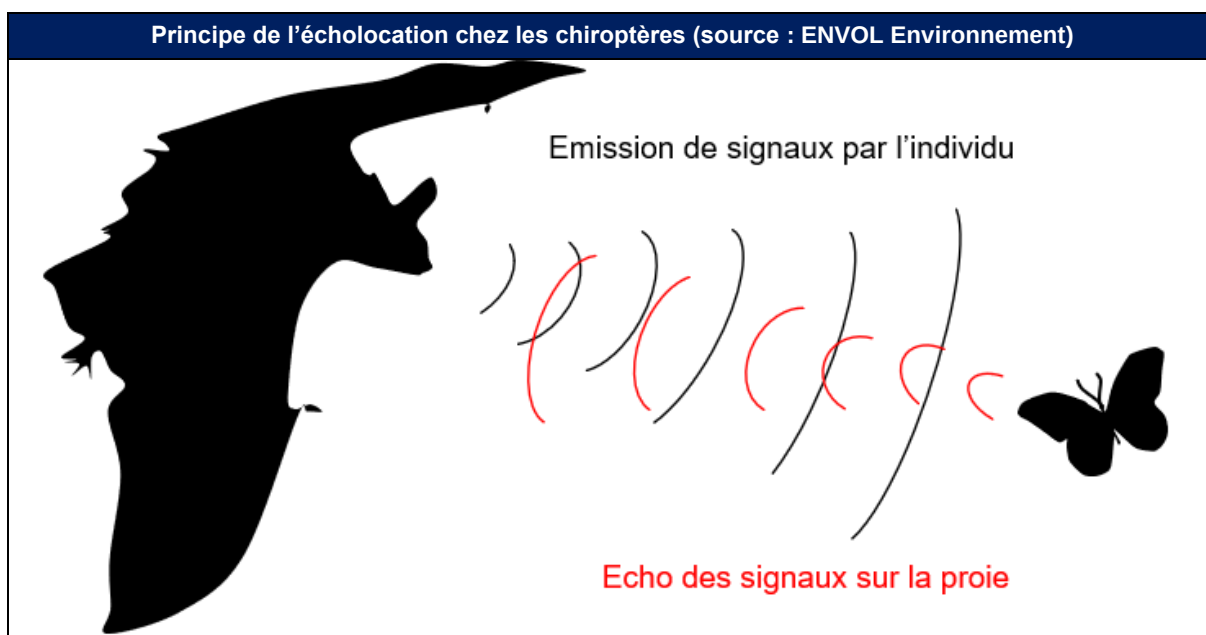
L'écholocation

Un caractère remarquable des chiroptères est leur faculté à se mouvoir dans l'obscurité totale. Ils se déplacent et chassent la nuit grâce à un système d'orientation actif : l'écholocation. Leur larynx produit des cris suraigus, sous forme d'ondes ultrasonores, dont la fréquence est caractéristique à chaque espèce. Ces ondes sont émises par les narines ou la bouche. Réfléchies par les objets présents dans l'environnement, elles sont en retour captées par les oreilles et donnent au cerveau une vision « acoustique » très précise du milieu dans lequel

l'animal se déplace en vol. Cette écholocation permet aux individus de s'orienter et de chasser leurs proies sans le concours de leur vue. Malgré cela, et contrairement à une croyance répandue, les chiroptères ont des yeux fonctionnels.

Développé depuis quelques dizaines de millions d'années par les chiroptères, ce système d'orientation acoustique est également utilisé par d'autres espèces comme les dauphins. Il n'a été mis en évidence par les scientifiques qu'à la fin des années 1930.

Les cris émis par les chiroptères pour se diriger sont distincts des cris sociaux, lesquels sont utilisés pour communiquer entre individus. En général, ces cris sociaux sont émis à des fréquences assez basses, ce qui leur confère une plus grande portée. De plus, ils sont très modulés, ce qui leur permet de véhiculer une grande quantité d'informations.



La chasse et l'alimentation

Toutes les espèces européennes sont insectivores. Leur dentition est composée de longues canines pointues, qui leur permettent de maintenir les proies, et de molaires denticulées, aptes à broyer la chitine de l'exosquelette des insectes. La formule dentaire est d'ailleurs très importante pour l'identification des espèces.

Grands chasseurs d'insectes, les chiroptères sont le pendant nocturne des oiseaux insectivores (martinets, hirondelles, gobemouches, fauvettes...) et de nombreuses études ont démontré l'importance de leur prédation nocturne. Il a été calculé qu'un seul individu était capable de capturer, par nuit de chasse, un poids d'insectes équivalent à un tiers du sien, soit, suivant l'espèce, de deux à dix grammes de proies. Ainsi, sur une saison de chasse, qui correspond en moyenne à cent jours d'activité, chaque individu, selon l'espèce, peut prélever de 200 grammes à un kilogramme d'insectes.

Le milieu de chasse varie suivant les espèces. Certaines, ubiquistes, chassent aussi bien en forêt qu'autour des lampadaires en ville, alors tandis que d'autres sont inféodées à un habitat bien défini. Chaque individu a généralement plusieurs zones de chasse qu'il fréquente au cours d'une même nuit ou d'une nuit à l'autre. Pour les espèces les plus exigeantes, telles que le Petit Rhinolophe (*Rhinolophus hipposideros*), ces terrains doivent être reliés à leur et interconnectés entre eux par des corridors écologiques nettement délimités par des structures linéaires comme les haies, les ripisylves ou les lisières.



Les chiroptères restent fortement liés aux éléments relais (bosquets, haies, arbres isolés, lisières, etc.) lors de leurs transits.

Les modes de chasse des chiroptères varient selon les différentes espèces. Certaines capturent les insectes en vol en se servant de leurs ailes ou de leur uropatagium (membrane reliant les pattes et incluant la queue) comme d'une épuisette. D'autres les attrapent directement avec la gueule ou les glanent au sol ou sur le feuillage. Des espèces peuvent également « pêcher » les insectes posés à la surface des étangs et des rivières. Enfin, occasionnellement, quelques chiroptères pratiquent la chasse à l'affût (position immobile depuis une haie par exemple). C'est notamment le cas des femelles en fin de gestation qui économisent ainsi leur énergie.

Les chiroptères chassent tout au long de la nuit avec des périodes d'activité entrecoupées de phases de repos. Pour ces pauses, les individus utilisent des gîtes nocturnes particuliers ou retournent au gîte diurne principal, comme les femelles allaitantes qui reviennent pour nourrir leur petit. Généralement, le niveau de l'activité chiroptérologique est maximal dans les quatre premières heures de la nuit. Celle-ci décroît ensuite, mais s'intensifie à nouveau dans les deux heures précédant l'aube, avant le retour au gîte pour le repos diurne.

Les phases biorythmiques

Le transit de printemps

Aux premiers beaux jours, dès le retour de l'activité des insectes, les chiroptères de nos régions sortent de leur repos hivernal et quittent leurs quartiers d'hiver. Ils reprennent leurs vols de chasse. Ayant perdu près d'un tiers de leur poids pendant l'hibernation, ils ingurgitent d'énormes quantités d'insectes. Puis, progressivement, les chauves-souris regagnent leur gîte d'été. Les mâles se dispersent tandis que les femelles se réunissent en colonies de « mises-bas » aussi appelées « nurseries ». Durant cette période de transit, les gîtes ne sont occupés que temporairement. Ils sont choisis en fonction de la température extérieure.

L'occupation des nurseries en période estivale

La durée du développement embryonnaire dépend fortement des conditions climatiques. Les femelles gestantes peuvent présenter des périodes de léthargie lors d'un printemps froid, ce qui retarde d'autant la mise-bas. La gestation, qui dure normalement trois semaines, sera alors plus longue. Les femelles mettent au monde un seul petit, parfois deux pour certaines espèces. Les jeunes, nus et aveugles, s'accrochent fortement à leur mère. Les soins maternels durent de trois à six semaines, selon les espèces et les conditions climatiques de la saison. Dans nos régions, l'émancipation se produit en général au mois d'août.



Colonie de reproduction de Petits Rhinolophes dans le grenier d'une bâtisse abandonnée



Colonie reproductrice d'Oreillards roux dans la charpente d'un grenier

Source : ENVOL Environnement

Le transit d'automne

À la fin de l'été, les femelles rejoignent les mâles pour l'accouplement et un nouveau cycle de reproduction commence. La fécondation est différée au printemps. Cette remarquable adaptation offre un maximum de chances de survie à la femelle et à son petit. Chez certaines espèces, la période d'accouplement peut se prolonger jusqu'au début du printemps.

L'hibernation

Le régime strictement insectivore impose aux chauves-souris de nos régions des stratégies adaptatives particulières. La plupart des espèces se réfugient en hiver dans des sites souterrains où elles hibernent jusqu'au retour de la belle saison. Les chauves-souris fonctionnent à l'économie d'énergie. Elles ont la capacité d'abaisser leur température corporelle jusqu'au niveau du milieu ambiant ou presque. Cela ralentit leur métabolisme en limitant la consommation des réserves de graisse. Cette léthargie hivernale n'est pas un phénomène continu : elle est interrompue par quelques réveils permettant de chercher un point d'accrochage plus favorable d'un point de vue microclimatique, voire de chasser à l'extérieur lors d'un redoux.



Grappes de Petits Rhinolophes en hibernation



Grands Murins se préparant à hiberner dans l'interstice d'un mur d'une ancienne carrière calcaire

Source : ENVOL Environnement

La migration

En Europe, plusieurs espèces réalisent de grands trajets migratoires au printemps et en automne. Ces espèces se reproduisent dans le nord-est du continent et séjournent en hiver dans les contrées du sud-ouest où le climat est plus doux. Les chauves-souris migratrices sont principalement la Noctule commune, la Pipistrelle de Nathusius et la Sérotine bicolore.

L'essaimage ou « swarming »

À la fin de l'été et durant une grande partie de l'automne, des individus de certaines espèces se retrouvent en très grand nombre autour des entrées de sites souterrains. Plusieurs hypothèses sont avancées pour expliquer ce comportement : manifestations nuptiales en vue d'un brassage génétique, échange d'informations sur les sites d'hibernation...

2. ANNEXE 2 – Méthodologie de traitement des signaux

Détermination spécifique à partir des signaux bruts

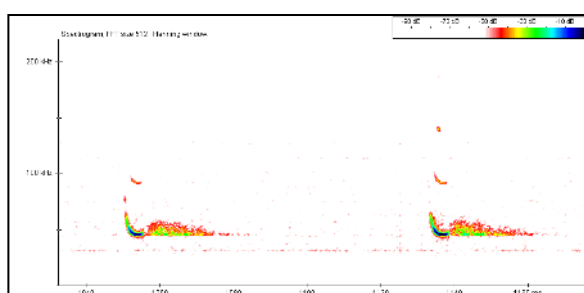
Chaque espèce de chiroptère émet un cri qui lui est propre. Ce signal ultrasonore n'est pas perceptible à l'oreille humaine, mais il peut être enregistré grâce à des appareils spéciaux tels que le détecteur Pettersson D240X ou des enregistreurs en continu comme le SM3Bat ou le SM4BatSM3bat. Les enregistrements issus de la phase terrain sont ensuite traités en phase bureau à l'aide du logiciel BatSound qui permet de visualiser lesdits signaux. La détermination spécifique se fait à partir de l'étude des caractéristiques acoustiques du signal propre à chaque espèce. L'expert va, pour chaque signal enregistré, déterminer ses caractéristiques à savoir :

- **La structure du signal** (fréquence modulée – fréquence continue – quasi-fréquence constante) ;
- **La fréquence maximale d'énergie** (FME en kilohertz) ;
- **Les différentes mesures des signaux** : durée du signal (en milliseconde) – largeur de bande (en kilohertz) – fréquence terminale (en kilohertz) – intervalles entre deux signaux (en milliseconde) – type d'amorce (progressive, explosive).

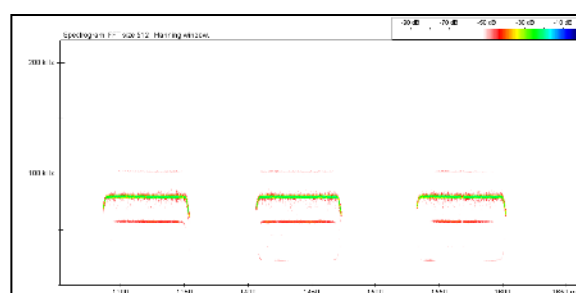
Les différentes caractéristiques du signal sont, ensuite, reportées sur un diagramme propre à chaque grande famille de chiroptères. L'utilisation des diagrammes permet la plupart du temps à l'expert de déterminer l'espèce. Les diagrammes utilisés sont issus du guide proposé dans l'Écologie acoustique des Chiroptères d'Europe (Barataud M. 2015. – partie Identification des espèces, étude de leurs habitats et comportement de chasse – troisième édition Biotope, Mèze ; Muséum national d'Histoire naturelle, Paris – Collection Inventaires & Biodiversité, 344 p.).

À titre illustratif, des sonagrammes des principaux types de signaux ultrasoniques sont présentés page suivante.

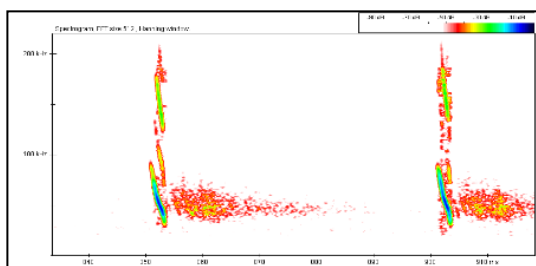
Il est important de signaler que la détermination jusqu'à l'espèce n'est pas systématique. Les mesures obtenues présentent parfois de grands écarts types, ce qui mène à un recouvrement des signaux entre deux ou plusieurs espèces. La détermination jusqu'à l'espèce peut parfois s'avérer impossible notamment chez la famille des Myotis. Par conséquent, nous utiliserons la mention Myotis sp. Dans le cas où un doute subsiste entre deux espèces, nous utiliserons un couple, par exemple Pipistrelle de Kuhl/Pipistrelle de Nathusius.



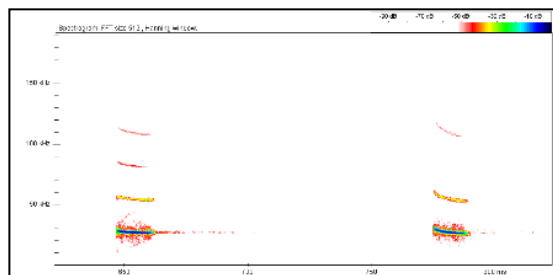
Signal en fréquence modulée aplanie émis par une
Pipistrelle commune



Signal en fréquence constante caractéristique de la famille
des Rhinolophes



Signal en fréquence modulée abrupte émis par un Murin de Daubenton



Signal dit en quasi-fréquence constante (QFC) émis par une Sérotine de Nilsson

Sonagrammes des principaux types de signaux ultrasoniques (source : ENVOL Environnement)

Traitement des données spécifiques

Dès lors que l'analyse du signal a pu permettre de déterminer l'espèce, les données spécifiques sont traitées afin de quantifier l'activité et le comportement de ladite espèce.

Généralités

L'utilisation du nombre de contacts de chiroptères permet une évaluation plus rigoureuse de leur activité. En effet, le nombre d'individus est plus difficilement interprétable en raison du nombre de contacts qu'un seul individu peut émettre.

Le contact acoustique est l'élément de base. C'est l'unité quantitative de l'activité qui permettra la comparaison entre les études menées par d'autres auteurs (Barataud M., 2012). Un contact correspond à une séquence acoustique bien différenciée, captée en hétérodyne ou en division de fréquences. Un train de signaux (même très court, de quelques signaux) constitue donc un contact brut. Si un deuxième le suit immédiatement avec un court silence entre les deux (supérieur à la durée des intervalles entre signaux d'une même séquence), il correspondra à un deuxième contact brut. Un même individu chassant en aller et retour peut ainsi être noté plusieurs fois, car les résultats quantitatifs expriment bien une mesure de l'activité et non une abondance de chiroptères.

Certaines circonstances posent cependant un problème de quantification des contacts bruts. Lorsqu'un ou plusieurs chiroptères restent chasser dans un secteur restreint, ils peuvent fournir une séquence sonore continue (parfois sur plusieurs minutes) qui ne doit pas être résumée à un contact unique par individu, car cela exprimerait mal le niveau élevé de son activité. Dans ce cas, on compte un contact toutes les tranches pleines de cinq secondes pour chaque individu présent (Barataud M., 1996 & 2015). Cette durée a été définie, car elle correspond environ à la durée moyenne d'un contact isolé. Ainsi, une séquence sans interruption durant huit secondes sera notée comme deux contacts, une séquence durant douze secondes sera comptabilisée comme trois contacts...

Cette méthode est généralement utilisée pour les points d'écoute dits en « écoute active », c'est-à-dire avec un enregistreur manuel (dans notre cas, un détecteur Pettersson D240X).

Unité de mesure d'activité chiroptérologique

Étape 1 - Le contact brut

Le contact dit « contact brut » est directement enregistré sur le terrain via un appareil de détection ultrasonore (type Pettersson D240X – SM3Bat ou SM4Bat). Si cette unité représente effectivement l'émission d'un cri à un moment « t », elle ne peut pas être exploitée pour une

analyse fine de l'activité chiroptérologique. Afin de limiter les biais dans l'exploitation des données, il est nécessaire de traiter ces contacts bruts en considérant deux éléments :

- La durée d'écoute sur le terrain ;
- Le coefficient de détectabilité spécifique en fonction de l'habitat naturel échantillonné.

Étape 2 - Les contacts par heure

Les signaux enregistrés sur le terrain sont ensuite traités en phase de bureau. La prise en compte du temps d'écoute est un élément essentiel afin d'harmoniser les données sur une échelle temporelle. Ainsi, tous les contacts bruts spécifiques sont convertis en nombre de contacts par heure (contacts/heure).

Étape 3 - Les contacts par heure corrigés

Bien que le nombre de contacts par heure permette de considérer le temps d'écoute, il ne prend pas en compte l'intensité d'émission spécifique qui varie considérablement d'une espèce à l'autre.

En effet, il faut savoir que certaines espèces sont audibles au détecteur à une centaine de mètres (Noctules, Sérotines), alors que d'autres ne le sont qu'à moins de cinq mètres (Murins, Rhinolophes). Ainsi, à chaque espèce de chiroptère correspond une intensité d'émission des signaux et donc une distance de détection. Par ailleurs, il est important de signaler que la détectabilité chez certaines espèces est différente selon qu'elles évoluent en milieu ouvert ou en sous-bois. C'est pourquoi l'application d'un coefficient de détectabilité spécifique (à l'espèce et au milieu) est nécessaire, car il permet de réduire considérablement ces biais de détection. Ce coefficient de détectabilité spécifique est donc appliqué à l'unité de « contacts par heure » en fonction de l'espèce et de l'habitat dans lequel elle a été enregistrée, ce qui permet d'obtenir des données en « contacts par heure corrigés » (contacts/heure/corrigés).

L'utilisation de l'unité de « contacts/heure/corrigés » permet de limiter les biais liés aux variations d'intensité spécifique d'émission et à la variabilité du temps d'écoute dans chaque habitat naturel. Cette correction permet de mieux rendre compte de l'activité réelle des espèces.

Le tableau présenté ci-après définit les coefficients de détectabilité des espèces, présentes en France métropolitaine, selon leur intensité d'émission et en fonction des grands types d'habitat naturel. Par exemple, la définition du niveau d'activité du Petit Rhinolophe doit tenir compte de sa faible détectabilité (distance de détection inférieure à cinq mètres). Pour ces raisons, un coefficient de détectabilité élevé est appliqué à l'espèce pour que son activité brute se rapproche le plus possible de son niveau d'activité réel.

Intensité d'émission	Nom scientifique	Distance de détection (m)	Coefficient de détectabilité	Intensité d'émission	Nom scientifique	Distance de détection (m)	Coefficient de détectabilité
Milieu ouvert ou semi-ouvert				Sous-bois			
Très faible à faible	<i>Rhinolophus hipposideros</i>	5	5	Très faible à faible	<i>Rhinolophus hipposideros</i>	5	5
	<i>Rhinolophus ferr./meh./eur.</i>	10	2,5		<i>Plecotus spp.</i>	5	5
	<i>Myotis emarginatus</i>	10	2,5		<i>Myotis emarginatus</i>	8	3,13
	<i>Myotis alcathoe</i>	10	2,5		<i>Myotis nattereri</i>	8	3,13
	<i>Myotis mystacinus</i>	10	2,5		<i>Rhinolophus ferr./eur./meh</i>	10	2,5
	<i>Myotis brandtii</i>	10	2,5		<i>Myotis alcathoe</i>	10	2,5
	<i>Myotis daubentonii</i>	15	1,67		<i>Myotis mystacinus</i>	10	2,5
	<i>Myotis nattereri</i>	15	1,67		<i>Myotis brandtii</i>	10	2,5
	<i>Myotis bechsteinii</i>	15	1,67		<i>Myotis daubentonii</i>	10	2,5
	<i>Barbastella barbastellus</i>	15	1,67		<i>Myotis bechsteinii</i>	10	2,5
Moyenne	<i>Myotis oxygnathus</i>	20	1,25	Moyenne	<i>Barbastella barbastellus</i>	15	1,67
	<i>Myotis myotis</i>	20	1,25		<i>Myotis oxygnathus</i>	15	1,67
	<i>Plecotus spp.</i>	20	1,25		<i>Myotis myotis</i>	15	1,67
	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	25	1		<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	20	1,25
	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	25	1		<i>Miniopterus schreibersii</i>	20	1,25
	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	25	1		<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	25	1
	<i>Pipistrellus nathusii</i>	25	1		<i>Pipistrellus kuhlii</i>	25	1
Forte	<i>Hypsugo savii</i>	40	0,63	Forte	<i>Pipistrellus nathusii</i>	25	1
	<i>Eptesicus serotinus</i>	40	0,63		<i>Hypsugo savii</i>	30	0,83
Très forte	<i>Eptesicus nilssonii</i>	50	0,5	Très forte	<i>Eptesicus serotinus</i>	30	0,83
	<i>Eptesicus isabellinus</i>	50	0,5		<i>Eptesicus nilssonii</i>	50	0,5
	<i>Vespertilio murinus</i>	50	0,5		<i>Eptesicus isabellinus</i>	50	0,5
	<i>Nyctalus leisleri</i>	80	0,31		<i>Vespertilio murinus</i>	50	0,5
	<i>Nyctalus noctula</i>	100	0,25		<i>Nyctalus leisleri</i>	80	0,31
	<i>Tadarida teniotis</i>	150	0,17		<i>Nyctalus noctula</i>	100	0,25
	<i>Nyctalus lasiopterus</i>	150	0,17		<i>Tadarida teniotis</i>	150	0,17
D'après Barataud M. 2015. – Écologie acoustique des Chiroptères d'Europe, identification des espèces, étude de leurs habitats et comportement de chasse. 3e éd. Biotope, Mèze ; Muséum national d'Histoire naturelle, Paris (collection Inventaire et biodiversité), 344 p							

Le tableau suivant présente les niveaux d'activité utilisés pour qualifier l'intensité d'activité chiroptérologique en contacts corrigés par heure suivant le protocole utilisé.

Protocole	Intensité d'activité (nombre de contacts/h corrigés)											
	0-0,01	0,01-1	1-5	5-10	10-15	15-20	20-30	30-40	40-50	50-120	120-720	<720
Écoute manuelle active au sol (Pettersson)	Très faible			Faible			Modéré		Fort			Très fort
Écoute en continu au sol pendant 3h (Audiomoth)	Très faible		Faible		Modéré			Fort			Très fort	
Écoute en continu au sol toute la nuit (Audiomoth)	Très faible		Faible		Modéré		Fort				Très fort	
Écoute automatisée en continu sur mât de mesure	Très faible		Faible	Modéré		Fort				Très fort		
Écoute automatisée en continu en nacelle	Très faible	Faible	Modéré	Fort			Très fort					
Niveau d'activité : En vert : Très faible activité. En jaune : Faible activité. En orange : Activité modérée. En rouge clair : Forte activité. En rouge foncé : Très forte activité.												

Analyse des enregistrements en continu

Le logiciel *Sonochiro*, créé par le bureau d'études Biotope, permet l'identification automatique des détections acoustiques enregistrées par les dispositifs d'écoute en continu. Utilisant une méthode basée sur des algorithmes, le logiciel est capable d'analyser les signaux émis par les chiroptères. Différents paramètres sont analysés, tels que la durée du signal, la puissance maximale du signal, la fréquence terminale du signal, l'amplitude du signal, la durée entre deux signaux successifs... Ces paramètres sont ensuite comparés à ceux enregistrés dans la base de données du logiciel. Cette comparaison de données permet la discrimination de la plupart des espèces ou groupes d'espèces.

Le programme *Sonochiro* inclut :

- Un algorithme de détection et de délimitation des signaux détectés ;
- Une mesure automatique, sur chaque cri, de 41 paramètres discriminants (répartition temps/fréquence/amplitude, caractérisation du rythme, ratios signal/bruit...) ;
- Une classification des cris basée sur les mesures d'un large panel de sons de référence. La classification s'appuie sur la méthode dite de « forêt d'arbres décisionnels » (ou « random forest ») qui semble être la plus performante pour la classification des signaux d'écholocation de chauves-souris (*Armitage & Ober, 2010*). Notamment, car, contrairement aux autres méthodes de classification (réseaux de neurones, analyses discriminantes...), elle tolère bien la multiplicité des types de cris par espèce. De plus, elle permet d'obtenir, pour chaque cri, une probabilité d'appartenance à chaque espèce potentielle ;
- Une identification à la séquence de cris, incluant l'espèce la plus probable et un indice de confiance de cette identification. Dans le cas où certaines espèces présentes sont peu différenciables entre elles, les séquences sont alors identifiées par un groupe d'espèces pour lequel est également donné un indice de confiance ;
- Un algorithme détectant la présence simultanée de deux groupes de cris attribuables à deux espèces aisément différenciables, permettant dans ce cas de proposer une identification supplémentaire de l'espèce, dont le signal passe en arrière-plan sur la fenêtre de visualisation des signaux enregistrés via le logiciel *Batsound*.

Type de comportements chiroptérologiques

Trois types de comportements sont pratiqués par les chauves-souris :

- **La chasse** qui se caractérise par l'émission de signaux rapides et irréguliers permettant une localisation précise et rapide des proies ;
- **Le transit actif** qui se spécifie par l'émission de signaux lents et réguliers qui permettent l'anticipation d'obstacles ou de proies potentielles. Ce type de comportement est généralement utilisé lors d'un déplacement d'amplitude indéterminée entre deux secteurs ;

Le transit passif qui se caractérise par l'émission de signaux lents et irréguliers. Ce type de comportement est utilisé par une chauve-souris traversant un milieu à faible densité de proies ou libre d'obstacle qui ne requiert pas une collecte élevée d'informations

3. ANNEXE 3 - Seuils d'activité chiroptérologique en nacelle par espèce d'après Altisphère, Ecosphère

Seuils exprimés en contacts par nuit				
Espèces	Q25	Q50	Q75	Q90
Pipistrelle commune	1	3	6	13
Pipistrelle de Nathusius	1	1	2	2
Pipistrelle de Kuhl	1	1	2	3
Pipistrelle de Kuhl/Nathusius	1	2	4	5
Pipistrelle pygmée	0	0	0	0
Vespère de Savi	0	0	0	0
Murin d'Alcathoé	0	0	0	0
Murin de Bechstein	0	0	0	0
Murin de Brandt	0	0	0	0
Murin de Capaccini	0	0	0	0
Murin des marais	0	0	0	0
Murin à oreilles échancrées	0	0	0	0
Murin à moustaches	0	0	0	0
Murin de Natterer	0	0	0	0
Grand murin	0	0	0	0
Petit murin	0	0	0	0
Murin indéterminé	0	0	0	0
Grande noctule	0	0	0	0
Noctule commune	1	3	6	16
Noctule de Leisler	1	3	6	16
Sérotine commune	1	3	5	8
Sérotine bicolore	0	0	0	0
Sérotine de Nilsson	0	0	0	0
Sérotule	2	4	12	19
Oreillard indéterminé	2	3	4	4
Barbastelle	0	0	0	0
Rhinolophe euryale	0	0	0	0
Grand rhinolophe	0	0	0	0
Petit rhinolophe	0	0	0	0
Molosse de Cestoni	0	0	0	0
Minioptère de Schreibers	0	0	0	0

TOUTES ESPECES	2	4	10	24
----------------	---	---	----	----