

Objet du dossier :

Suivi environnemental du parc
éolien de Moréac

Contact :

Margot BIBES

margot.bibes@baywa-re.fr

BayWa r.e. France SAS

Immeuble Confluence

3 Cours Charlemagne

69002 Lyon



SUIVI ENVIRONNEMENTAL 2021

RAPPORT FINAL

PARC EOLIEN DE MOREAC (56)

ETUDE REALISEE PAR :

TABLES DES MATIERES

I. Introduction	5
I.1 Préambule	5
I.2 Porteur de projet	5
I.3 Auteurs de l'étude	5
II. Contexte	5
II.1 Caractéristique du parc	5
II.2 Historique du parc	5
II.3 Localisation	6
III. Méthodologie	7
III.1 Définition des aires d'étude	7
III.1.1 Zone d'étude immédiate	7
III.1.2 Aire d'étude éloignée (AEE)	7
III.2 Cadrage des suivis	9
III.2.1 Contexte réglementaire	9
III.3 Méthodologie du suivi en nacelle des chiroptères	9
III.3.1 Rappel de la commande	9
III.3.2 Protocole mis en œuvre	9
III.3.3 Cadre méthodologique générique du suivi de mortalité	14
III.3.4 Spécificité des suivis de mortalité Synergis Environnement	16
III.3.5 Prise en compte conjoint de la détectabilité et du couvert	17
III.3.6 Utilisation des données météorologiques et de fonctionnement	18
IV. Contexte écologique et réglementaire	19
IV.1 Zones naturelles proches	19
IV.1.1 Le réseau Natura 2000	19
IV.1.2 Les Arrêtés de Protection de Biotope (APPB)	19
IV.1.3 Les réserves naturelles	19
IV.1.4 Les parcs nationaux et les parcs naturels régionaux (PNR)	20
IV.1.5 Les zonages d'inventaires : ZNIEFF	20
IV.2 Schéma Régional Eolien de la région Bretagne	20
IV.3 Continuités écologiques	20
IV.3.1 Définition	20

IV.3.2 Aspects légaux	20
IV.3.3 La trame verte et bleue	21
IV.3.4 Le SRCE de la région Bretagne	21
IV.4 Contexte paysager	24
V. Ecoutes en nacelle	28
V.1 Historique du parc	28
V.2 Résultats des écoutes en nacelle	28
V.2.1 Observations globales	28
V.2.2 Richesse spécifique	28
V.2.3 Activité	28
V.2.4 Répartition temporelle des contacts	29
V.2.5 Analyse des conditions météorologiques et temporelles	30
V.2.6 Évaluation du niveau de vulnérabilité face à l'éolien	31
V.2.7 Evaluation de la vulnérabilité sur site	35
V.2.8 Niveau de vulnérabilité sur site par espèce	37
VI. Suivi de mortalité	38
VI.1 Historique	38
VI.2 Résultats	38
VI.2.1 Protocole mis en œuvre	38
VI.2.2 Occupation du sol au pied des éoliennes	42
VI.2.3 Surfaces prospectées	42
VI.2.4 Coefficients de correction	42
VI.2.5 Prise en compte conjoint de la détectabilité et du couvert	43
VI.2.6 Données de mortalité constatée	43
VI.3 Évaluation de la mortalité réelle	45
VI.3.2 Données disponibles pour l'analyse	48
VI.4 Analyses	50
VI.4.1 Répartition par éolienne des cas de mortalité	50
VI.4.2 Espèces retrouvées	51
VI.4.3 Position des cadavres	52
VII. Prise en compte du risque de mortalité	54
VII.1 Analyse du risque	54
VII.2 Réduction du risque	54
VII.2.1 Bridage par valeur seuil	54

VII.2.2 Bridage par système multifactoriel (ProBat)	56
VIII. Bilan	57
Bridage préconisé par SYNERGIS ENVIRONNEMENT	57
IX. Bibliographie	58
X. Annexes.....	59
X.1 Photos des cadavres découverts lors de la campagne de suivi 2021.....	59
X.2 Déclaration de mortalité	60

INDEX DES FIGURES

Figure 1 : Localisation régionale du projet.....	6
Figure 2 : Localisation à l'échelle communale du projet	6
Figure 3 : Localisation des éoliennes sur orthophotographie.....	6
Figure 4 : Localisation de l'aire d'étude éloignée	8
Figure 5 : Principe de l'écholocalisation des chiroptères.....	9
Figure 6 : Ensemble du matériel d'enregistrement	10
Figure 7 : Enregistreur placé en nacelle	10
Figure 8 : Micro du Batlogger placé en nacelle	10
Figure 9 : Interconnexion entre le Batlogger et une interface à distance	11
Figure 10 : Présentation des différentes informations disponibles sur l'interface Batlogger Connect (Source : Elekon)	11
Figure 11 : Répartition des probabilités en fonction d'une valeur théorique de mortalité réelle	16
Figure 12 : Leurre fabriqué en tissu.....	17
Figure 13 : Éléments de la Trame Verte et Bleue	21
Figure 14 : Présentation du grand ensemble de perméabilité n°20	21
Figure 15 : Présentation du grand ensemble de perméabilité n°21	22
Figure 16 : Schéma régional de cohérence écologique de Bretagne (2015)	23
Figure 17 : A gauche : vu de l'éolienne E5 ; à droite : vu depuis l'éolienne E2	24
Figure 18 : Vu depuis l'éolienne E6.....	24
Figure 19 : Localisation des éléments paysagers autour des 3 éoliennes à l'est.....	24
Figure 20 : Localisation des éléments paysagers autour des 5 éoliennes de l'ouest.....	24
Figure 21 : Valeur moyenne des continuités écologiques de 6 espèces de chauves-souris en Bretagne continentales	26
Figure 22 : Sites prioritaires des chauves-souris en Bretagne et domaines vitaux associés.....	27
Figure 23 : Activité et richesse spécifique au cours de la saison	29
Figure 24 : Activité des chiroptères au cours de la nuit	30
Figure 25 : Activité des chiroptères en fonction de la température	30
Figure 26 : Activité des chiroptères en fonction de la vitesse du vent.....	31
Figure 27 : Noctule commune	33
Figure 28 : Carte de répartition	33
Figure 29 : Pipistrelle de Nathusius	33
Figure 30 : Carte de répartition	33
Figure 31 : Noctule de Leisler	34
Figure 32 : Carte de répartition	34
Figure 33 : Pipistrelle de Kuhl	34
Figure 34 : Carte de répartition	34
Figure 35 : Pipistrelle commune	34
Figure 36 : Carte de répartition	34

Figure 37 : Sérotinge commune	34
Figure 38 : Carte de répartition.....	34
Figure 39 : Schéma de principe des recherches de terrain.....	38
Figure 40 : Localisation des transects du suivi de mortalité des éoliennes nord.....	39
Figure 41 : Localisation des transects du suivi de mortalité des éoliennes sud	39
Figure 42 : Habitats simplifiés dans les quadrats des éoliennes nord.....	40
Figure 43 : Habitats simplifiés dans les quadrats des éoliennes sud.....	41
Figure 44 : Représentation de la surface prospectée en fonction des semaines d'inventaires en 2021	42
Figure 45 : Moyenne des surfaces prospectées par éolienne en 2021	42
Figure 46 : Chronologie des découvertes de cadavres en 2021	44
Figure 47 : Calendrier des périodes favorables à l'activité des chiroptères et cycles de vis des chiroptères	44
Figure 48 : Répartition du vent en fonction du moment de la nuit ou en période « journée ».	48
Figure 49 : répartition de la durée cumulée des vitesses de vent à chaque éolienne par classe de vitesse de vent en début de nuit (-0,5h à +4h du coucher du soleil).....	49
Figure 50 : répartition de la durée cumulée des vitesses de vent à chaque éolienne par classe de vitesse de vent, toutes périodes confondues	49
Figure 51 : Répartition des niveaux d'activité des éoliennes par classe d'activité en début de nuit (-0,5h à +4h du coucher du soleil).....	49
Figure 52 : Répartition des niveaux d'activité des éoliennes par classe d'activité, toutes périodes confondues.....	49
Figure 53 : Relation entre la vitesse du vent et la vitesse de rotation du rotor par tranche de 10 minutes avec application d'un modèle additif généralisé.	50
Figure 54 : Nombre de cadavres retrouvés en fonction de la distance éolienne-lisière	51
Figure 55 : Chronologie des découvertes d'épervier d'Europe au niveau national (Marx, 2017)	52
Figure 56 : Position des cadavres découverts autour des éoliennes (regroupement de toutes les éoliennes sur le même graphique).....	53

INDEX DES TABLEAUX

Tableau 1 : Caractéristique des éoliennes.....	5
Tableau 2 : Historique du parc	5
Tableau 3 : Période sur laquelle doit être effectué le suivi de mortalité en fonction des enjeux chiroptérologiques et enjeux avifaunistiques	9
Tableau 4 : Regroupement d'espèces possibles	12
Tableau 5 : Tableau des distances de détection des chauves-souris en fonction des espèces et leur coefficient de détectabilité en fonction du milieu (Source : Barataud, 2015)	12
Tableau 6 : Calcul du niveau d'activité en altitude	12
Tableau 7 : Calcul du niveau de richesse spécifique	12
Tableau 8 : Évaluation du seuil d'activité au sol pour chaque espèce de chauves-souris en Bretagne (Source : Amikiro, 2016, adapté pour l'altitude par Synergis Environnement 2019)	13
Tableau 9 : Exemple de notation des types de couverts pour une éolienne	16
Tableau 10 : Exemple de coefficients de détectabilité	17
Tableau 11 : Exemple de calculs de A et d	17
Tableau 12 : Période de vent favorable à l'activité des chiroptères	18
Tableau 13 : Danger en fonction du fonctionnement des éoliennes	19
Tableau 14 : Nombre de contacts bruts par espèce	28
Tableau 15 : Espèces inventoriées en nacelle	28
Tableau 16 : Niveau d'activité par espèce	29
Tableau 17 : Niveau d'activité ajusté par espèce et par mois	29
Tableau 18 : Echelle des enjeux patrimoniaux pour la faune et la flore	31
Tableau 19 : Critères de seuil des enjeux patrimoniaux	32
Tableau 20 : Statut de protection et de conservation des espèces inventoriées et leur niveau d'enjeux	32
Tableau 21 - Niveau de risque de collision avec les éoliennes selon les espèces	32
Tableau 22 : Comportement et sensibilité des espèces	32

Tableau 23 : Niveaux d'enjeux et de vulnérabilité par espèce	37
Tableau 24 : Bilan des cas de mortalité constatés (en gris : suivis antérieurs à 2015 ; en vert : suivi de mortalité de 2015)....	38
Tableau 25 : Planning de réalisation du suivi de mortalité	38
Tableau 26 : Planning de réalisation des tests de persistance	39
Tableau 27 : Types d'habitats rencontrés et surfaces associées	42
Tableau 28 : Tests de persistance.....	43
Tableau 29 : Taux de détection composite par prospection (exemple d'une partie du suivi de E2).....	43
Tableau 30 : Taux de détection composite par éolienne.....	43
Tableau 31 : Bilan des cadavres retrouvés lors des suivis de mortalité.....	44
Tableau 32 : Statuts des espèces de chiroptères impactées	44
Tableau 33 : Statuts des espèces d'oiseaux impactées	45
Tableau 34 : Estimations de la mortalité réelle des chiroptères sur le parc éolien de Moréac	45
Tableau 35 : Estimations de la mortalité réelle des chiroptères sur le parc éolien de Moréac	46
Tableau 36 : Mortalité réelle supposée pour les chiroptères par éolienne sur le parc de Moréac	46
Tableau 37 : Mortalité réelle supposée pour l'avifaune par éolienne sur le parc de Moréac	47
Tableau 38 : Bilan des cas de mortalité constatés par éolienne depuis la mise en service du parc en 2011	48
Tableau 39 : Distances des éoliennes aux reliefs paysagers	50
Tableau 40 : Enjeu de l'espèce	51
Tableau 41 : Comportement et sensibilité de l'espèce	51
Tableau 42 : Vulnérabilité des espèces de chauves-souris	51
Tableau 43 : Enjeu lié à l'épervier d'Europe	52
Tableau 44 : Répartition des séquences (sur la période -30 min à + 4h du coucher du soleil) de début juin à fin octobre.	54
Tableau 45 : Répartition des séquences entre début juin et fin septembre (sur la période -30 min à + 4h du coucher du soleil) ; en encadré rouge les périodes protégées si applications d'un bridage à 7 m/s.....	54
Tableau 46 : simulation d'impact du bridage avec le jeu de données de vents de température et d'activité du rotor en 2021	55
Tableau 47 : Synthèse de la simulation de bridage sur la durée de production pour chaque éolienne	55
Tableau 48 : Mesures de bridage proposées.....	56

I. INTRODUCTION

I.1 Préambule

BayWa r.e. France SAS est responsable depuis 2011 de l'exploitation de 8 aérogénérateurs sur la commune de Moréac (56).

La réglementation prévoit, dans les trois ans suivant la mise en place d'un parc éolien terrestre, puis tous les 10 ans, un suivi environnemental au titre de l'article 12 de l'arrêté ministériel du 26 août 2011 relatif aux installations classées de la rubrique 2980 : « ...un suivi environnemental permettant d'estimer l'impact de ce parc sur la mortalité de l'avifaune et des chiroptères ».

Le parc exploité par BayWa r.e. France SAS, rentrant dans sa 10^{ème} année de fonctionnement, doit fournir un suivi environnemental. C'est dans ce cadre que le bureau d'étude Synergis Environnement a été missionné. Le suivi environnemental comporte comme exigé au niveau réglementaire :

- Un suivi en nacelle de l'activité des chiroptères
- Un suivi de mortalité de l'avifaune et des chiroptères

Ces suivis permettront de répondre à plusieurs objectifs définis par le protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres et hiérarchisés ci-dessous par ordre de priorité décroissant.

1. Juger du niveau d'impact généré par le parc éolien suivi sur la faune volante pour être en mesure, le cas échéant, d'apporter une réponse corrective proportionnée et efficace pour annuler ou réduire l'impact.
2. Estimer les mortalités réelles générées par chaque parc éolien (« taux de mortalité ») pour permettre des comparaisons objectives entre parcs. Seule une estimation standardisée de la mortalité réelle, via l'utilisation de formules de calcul internationales, permet d'estimer un taux de mortalité comparable entre parcs éoliens. Il s'agit d'une approche quantitative de la mortalité qui permet de replacer le niveau d'impact sur un référentiel large.
3. Contribuer à alimenter une base de données nationale pour une vision globale et continue de l'impact du parc éolien Français sur la biodiversité. Il s'agit de valoriser les résultats de suivi au plus tôt dans le cadre d'une synthèse nationale organisée par le Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN).

L'ensemble des résultats obtenus dans le cadre du suivi seront comparés et mis en corrélation avec les données historiques du parc.

Le présent rapport final traite du suivi de la mortalité de la faune volante, le suivi en nacelle de l'activité des chiroptères menés en 2021. Il reprend la méthodologie employée puis présente les résultats obtenus, propose une analyse et préconise certaines mesures au vu de l'analyse.

Au démarrage du suivi environnemental de 2021, le parc éolien ne fait l'objet d'aucun bridage.

I.2 Porteur de projet

Le projet éolien de Moréac, en région Bretagne, est porté par la société BayWa r.e. France SAS.



BayWa r.e. France SAS
Immeuble Confluence
3 Cours Charlemagne
69 002 Lyon

I.3 Auteurs de l'étude

L'étude faune-flore a été réalisée par le bureau d'études SINERGIS ENVIRONNEMENT, agence BRETAGNE.



10B RUE DU DANEMARK
56 400 AURAY
02 97 58 53 15

Agence BRETAGNE

Romain CRIOU
Sébastien NEDELLEC
Bastien BLANC
Léa BONNOT

Directeur
Chef de projet
Chargé d'étude (présentation du parc et volet mortalité)
Chargée d'étude (volet acoustique)

II. CONTEXTE

II.1 Caractéristique du parc

Le parc éolien est composé de 8 aérogénérateurs d'une puissance globale de 16 MW.

Tableau 1 : Caractéristique des éoliennes

Elément de l'éolienne	Caractéristiques maximales du gabarit
Diamètre du rotor	90 m
Hauteur de la tour	78 m
Hauteur en bout de pale	123 m
Garde au sol	33 m

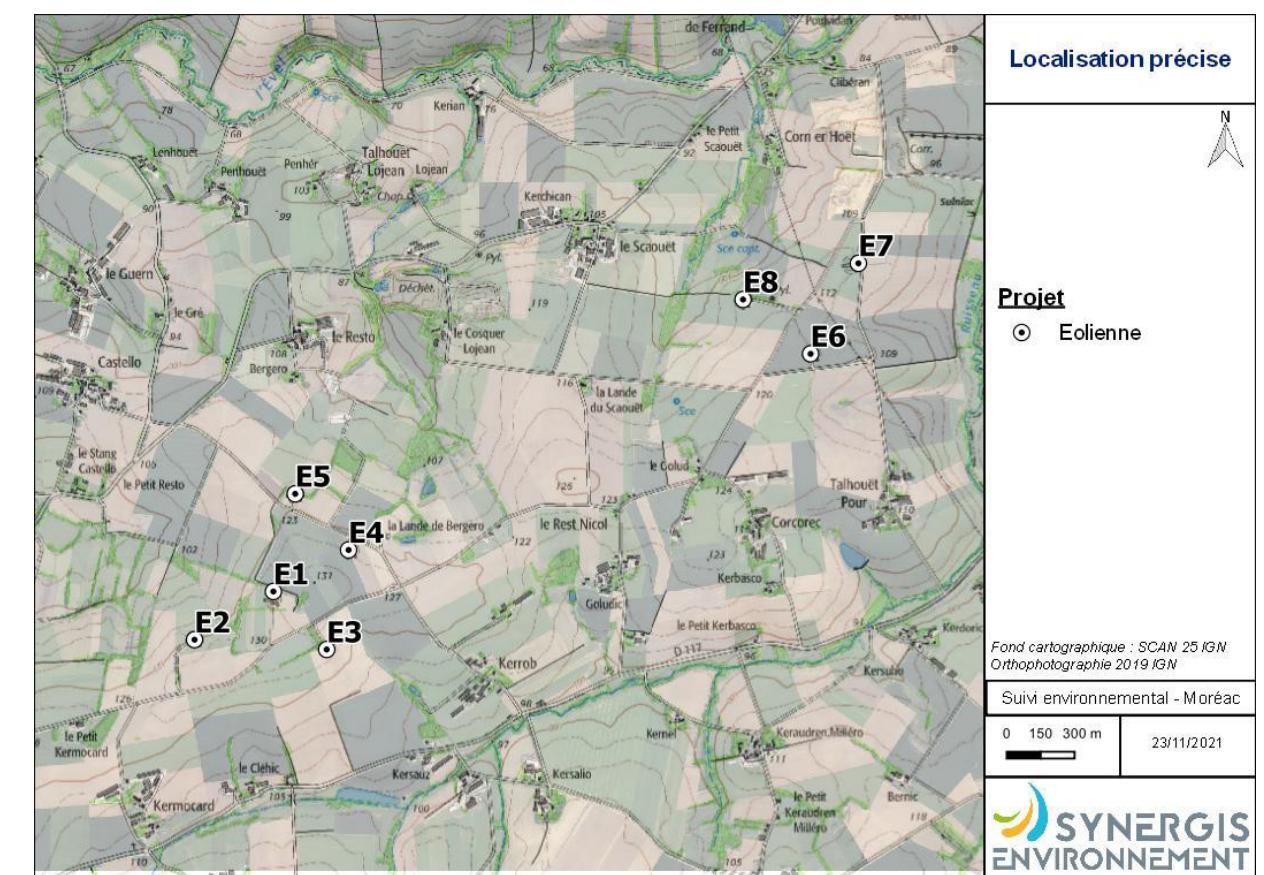
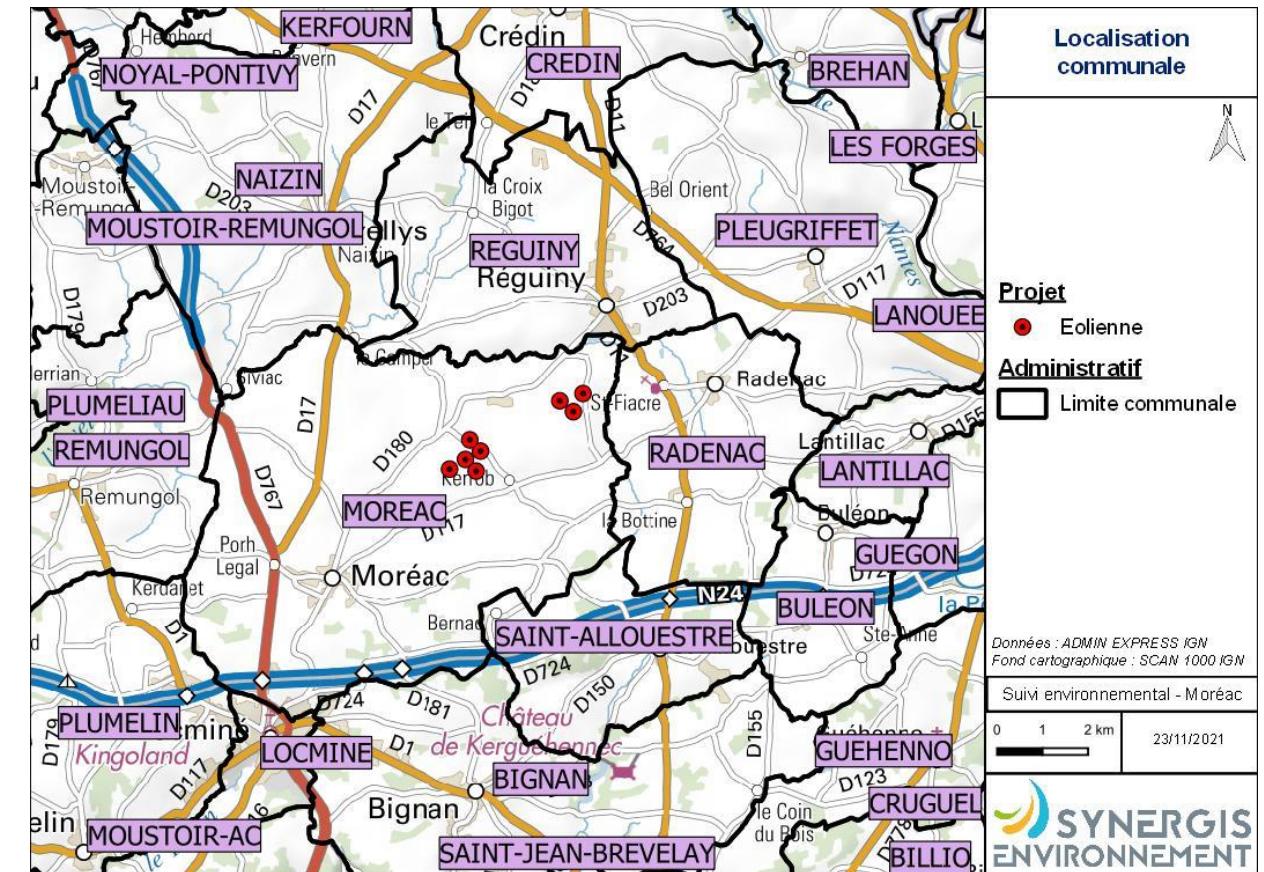
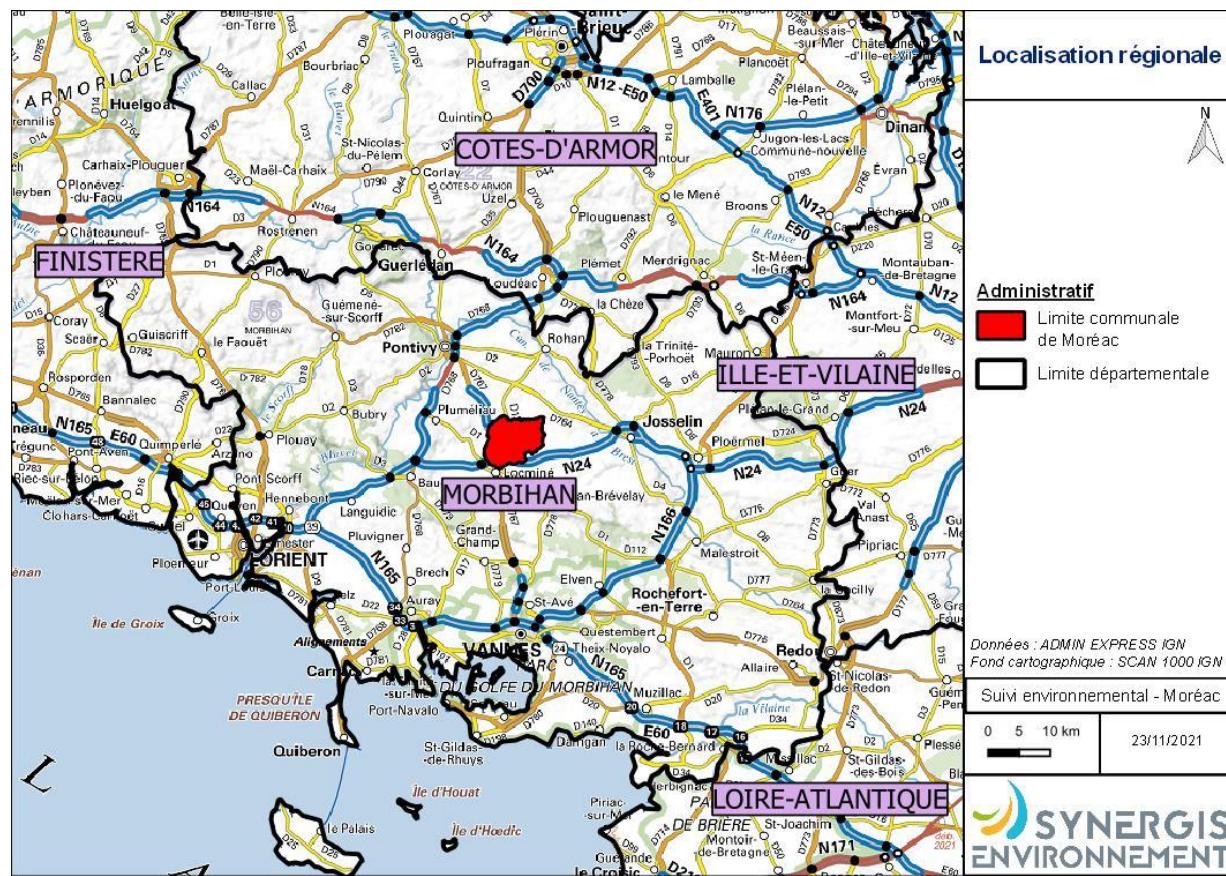
II.2 Historique du parc

Tableau 2 : Historique du parc

Année	Description	Prestataire
2005	VNEI du projet	AIRELE
2011	Mise en service du parc	
2015	Suivi avifaunistique et mortalité	Airele
2017	Suivi environnemental	Auddicé

II.3 Localisation

Moréac est une commune du Morbihan, en région Bretagne. Elle est majoritairement dans un contexte paysager agricole et se situe à 17 km au sud de Pontivy, 26 km à l'ouest de Quimper et 32 km au sud de Vannes. La commune de Moréac fait partie de la communauté de communes Centre Morbihan Communauté. Le site éolien se situe, quant à lui, au nord-est de la commune de Moréac.



III. METHODOLOGIE

III.1 Définition des aires d'étude

Dans le but de mener à bien les inventaires naturalistes et de définir finement les niveaux d'enjeu et d'impact du projet, plusieurs échelles d'études sont définies par le bureau d'études Synergis Environnement.

III.1.1 Zone d'étude immédiate

Sur la base de la localisation des éoliennes, cette échelle d'étude permet de contextualiser les habitats aux pieds mêmes des éoliennes, de prendre en compte les potentielles connexions écologiques entre les éoliennes et au sein du paysage immédiat (réseau bocager, boisement, plan d'eau...).

III.1.2 Aire d'étude éloignée (AEE)

L'aire d'étude éloignée permet le recueil de données basées sur l'existence d'informations bibliographiques. Cette aire d'étude d'un rayon de 10 km permet surtout la recherche des zonages naturels réglementaires et d'inventaires. Elle permet l'analyse de zones potentiellement affectées par d'autres effets que ceux liés aux emprises des éoliennes, pour les groupes taxonomiques de l'avifaune et des chiroptères. Les inventaires y seront donc ciblés sur certaines espèces ou certains groupes d'espèces, mais également approfondis en cas de connaissance d'un enjeu notable (milieux favorables à des espèces présentes sur la zone d'étude, potentialités de gîtes chiroptères...). Enfin, l'analyse de cette aire d'étude rapprochée permet également la connaissance des continuités écologiques locales.

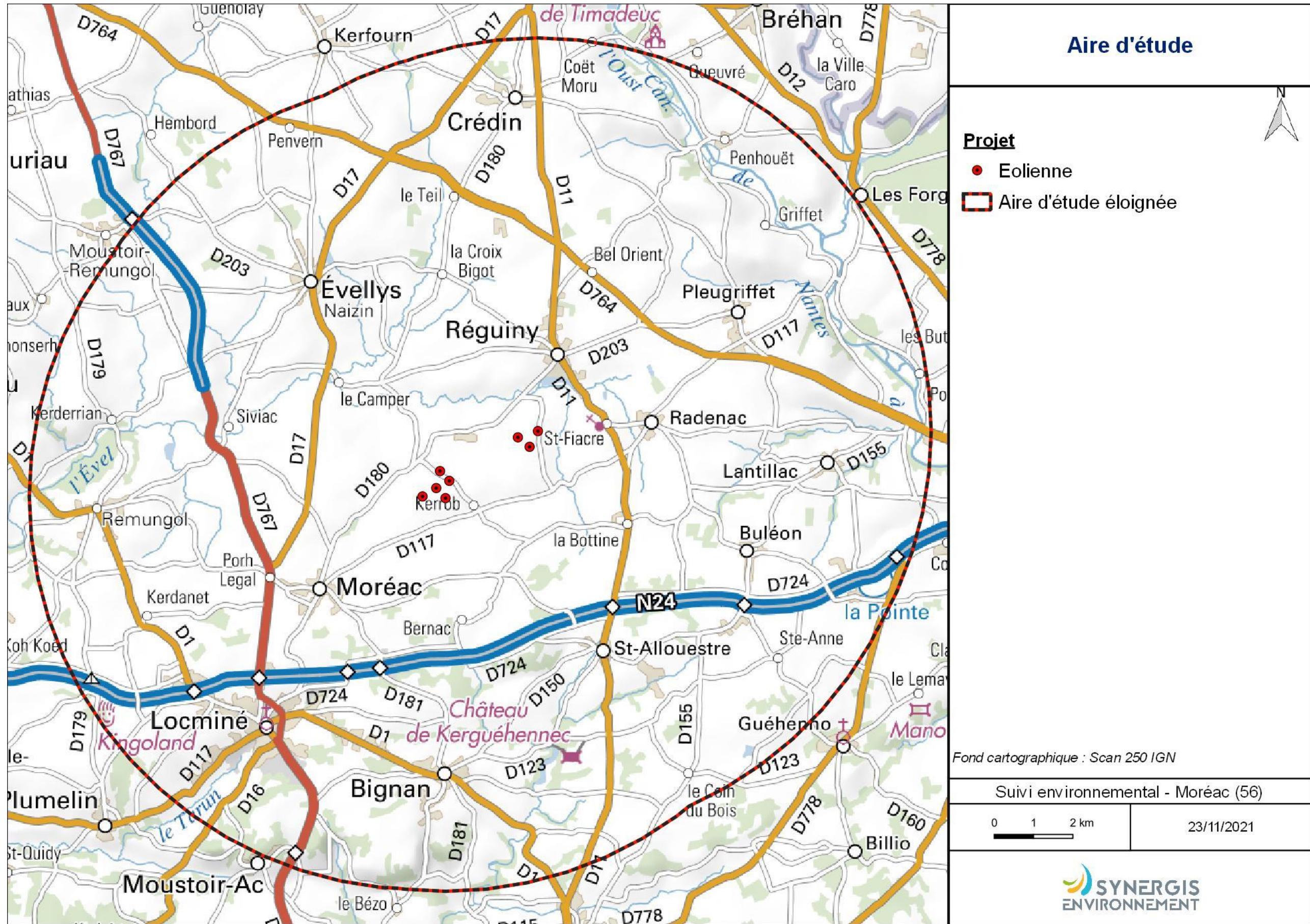


Figure 4 : Localisation de l'aire d'étude éloignée

III.2 Cadrage des suivis

La méthodologie des deux volets de l'étude (« suivi de la mortalité des chiroptères et de l'avifaune » et le « suivi en nacelle de l'activité des chiroptères ») mis en place par Synergis Environnement est présentée et replacée dans le contexte réglementaire. Ce dernier s'appuie sur le dernier document-cadre validé par le ministère de la transition écologique et solidaire (2018) et le cahier des clauses techniques particulières fourni par BayWa r.e. France SAS.

III.2.1 Contexte réglementaire

L'arrêté ministériel du 26 août 2011, relatif aux « installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation, au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) », cadre la prise en compte des parcs éoliens en tant qu'ICPE.

Cette législation en vigueur s'appuie sur un protocole de suivi environnemental. En l'occurrence, il s'agit du Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres, dans sa révision de 2018 (MTES, 2018), reconnu par le ministre chargé des installations classées.

Un suivi standardisé complété sur des périodes adaptées au besoin est prévu pour chaque parc dans les 3 premières années de la mise en service, puis un second avant la fin de la 10ème année d'exploitation. Deux volets principaux sont développés : un suivi de l'activité des chiroptères en altitude sur la durée d'activité et un suivi de mortalité pour l'avifaune et les chiroptères.

Il est demandé de suivre toutes les éoliennes dans le cas de parcs de moins de 3 éoliennes, avec un minimum de 20 prospections entre mi-mai et octobre, par éolienne. Cette période est la plus sensible en général pour les chiroptères et l'avifaune (périodes de reproduction, de dispersion et de migration postnuptiale). Les enjeux chiroptérologiques et avifaunistiques mineurs sur le site ne permettent pas de justifier d'un allongement des suivis standard (tableau ci-dessous).

Le parc éolien de Moréac étant dans **sa onzième année d'exploitation**, il fait donc l'objet d'un suivi post-implantation **obligatoire**.

Tableau 3 : Période sur laquelle doit être effectué le suivi de mortalité en fonction des enjeux chiroptérologiques et enjeux avifaunistiques

Semaines n°	1 à 19	20 à 30	31 à 43	44 à 52
Le suivi de mortalité doit être réalisé...	Si enjeux avifaunistiques ou risque d'impact sur les chiroptères spécifiques*	Dans tous les cas*	Si enjeux avifaunistiques ou risque d'impact sur les chiroptères*	
Si enjeux sur les chiroptères	Si enjeux sur les chiroptères	Si pas de suivi en hauteur dans l'étude d'impact	Dans tous les cas	Si enjeux sur les chiroptères

Selon l'analyse du tableau, le suivi environnemental du parc de Moréac doit comporter un suivi de mortalité et un suivi des chiroptères en nacelle entre les semaines 20 et 43.

III.3 Méthodologie du suivi en nacelle des chiroptères

III.3.1 Rappel de la commande

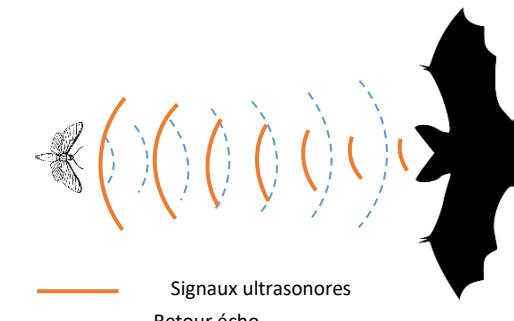
Il s'agit d'un suivi à hauteur de nacelle. Un enregistrement de l'activité des chiroptères doit être réalisé en continu (sans échantillonnage) entre les semaines 20 à 43 (début mi-mai à fin octobre). Le suivi a été réalisé sur l'éolienne E8 (en cohérence avec les conclusions du précédent rapport de suivi qui indiquait une activité chiroptérologique significative au droit de E8).

Ainsi, la mise en place du dispositif d'enregistrement a été réalisée en présence du personnel de la société BAYWA R.E. FRANCE SAS.

III.3.2 Protocole mis en œuvre

III.3.2.1 Principe d'écholocation chez les chauves-souris et suivis par acoustique

Les chauves-souris européennes utilisent le principe du sonar, appelé écholocalisation, pour se déplacer et pour chasser. Elles émettent ainsi des ultrasons qui leur permettent de se déplacer dans la nuit. En effet, les ultrasons (non audible pour l'oreille humaine) rebondissent sur les obstacles ou les proies et leurs échos sont captés par les chauves-souris au niveau des oreilles. C'est cet écho qui va leur permettre d'évaluer la distance et la forme des objets détectés (BARATAUD, 2015). En plus de ces ultrasons, les chiroptères peuvent également émettre des « cris sociaux » qui sont des cris de communication et qui sont audibles par l'homme. Les ultrasons sont émis soit avec le nez dans le cas des rhinolophes, soit avec la bouche dans le cas des vespertilion.



Chaque espèce possède des gammes de signaux qui lui sont propres. Il est alors possible d'identifier une espèce à partir de signaux ultrasonores enregistrés. Toutefois, en fonction du contexte, il peut exister des recouvrements (signaux ayant les mêmes caractéristiques), rendant l'identification plus délicate (BOONMAN et al., 1995 ; SIEMERS ET SCHNITZLER, 2000).

Ainsi, le suivi des chiroptères par acoustique, à l'aide d'un détecteur à ultrasons, permet donc de déterminer les espèces présentes dans l'aire d'étude en analysant les signaux obtenus. De plus, la présence d'un observateur discret (silencieux, sans éclairage et immobile) n'affecte pas le comportement des chauves-souris. Ainsi, en plus de l'espèce, il peut être relevé si l'individu capté est en chasse ou transit grâce à la structure et le rythme des signaux émis.

III.3.2.2 Écoute en nacelle

III.3.2.2.1 *Matériel utilisé*

Selon la révision 2018 du Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres (MEDDE, 2018), les dispositifs automatisés de suivi d'activité en nacelle doivent pouvoir enregistrer sur l'ensemble de la nuit, sur l'intégralité de la saison. Ils doivent également capter la totalité des signaux acoustiques des chauves-souris.

Il a été choisi d'utiliser un BATLOGGER WE X1, développé par Elekon, qui répond à tous les critères précédents. Ce dispositif est conçu spécialement pour l'écoute prolongée des chauves-souris à hauteur de nacelle.

Il est composé de :

- 1 boîtier d'interface de contrôle, dimensions (L x H x P) : 10 cm X 20 cm x 30 cm (debout avec support)
- 1 microphone BATLOGGER X
- 1 capteur pour la pression et l'humidité de l'air
- 1 câble de 5 m avec un disque support permettant l'installation du microphone et du capteur
- 1 antenne LTE 4G
- 1 câble de 3 m pour brancher le boîtier à une prise secteur (le Batlogger doit disposer d'un raccordement via une prise terre en cas de problème électrique)



Figure 6 : Ensemble du matériel d'enregistrement

Source : Elekon

III.3.2.2.2 *Installation*

Le BATLOGGER WE X1 se place donc dans la nacelle de l'éolienne. Généralement, le dispositif est placé au sol afin de capter les chiroptères sous et autour de la nacelle (voir figure ci-dessous).



Figure 7 : Enregistreur placé en nacelle



Figure 8 : Micro du Batlogger placé en nacelle

Source : Synergis Environnement

Pour fixer le disque maintenant le microphone ainsi que le capteur il faut réaliser un trou en utilisant une scie cloche (diamètre min 50 mm, max 54 mm). L'étanchéité du dispositif sera assurée grâce à des vis complémentaires. Du silicone d'étanchéité non corrosif pourra éventuellement être utilisé au besoin. Il est nécessaire de bien positionner le disque à l'horizontale, ainsi le microphone à la tête en bas, ce qui évite l'accumulation d'humidité à l'intérieur. Afin d'éviter d'obtenir des bruits parasites sur les enregistrements, il est conseillé de placer le micro loin du rotor.

Pour la dépose du matériel, l'ensemble des éléments sont retirés (câbles, interface, microphone, vis). Le trou du micro est rebouché à l'aide d'un bouchon en PVC, d'une rondelle en caoutchouc au besoin et de silicone.

Le module Batlogger WE X1 se place donc dans la nacelle de l'éolienne E8. Le boîtier est fixé au sol de la nacelle, à l'aide de collier de serrage en plastique. Dans le cas du microphone en disque, un trou de 5 cm de diamètre doit être percé dans le sol de la nacelle. Le micro ressort ainsi sous la nacelle et le disque de plus grand diamètre vient fermer le trou. Celui-ci est fixé dans la tôle grâce à trois vis.

Dans le cas du parc éolien de Moréac, le module a été installé dans la nacelle de l'éolienne E8 le 15 avril 2021. Le choix de l'éolienne s'appuie sur le niveau d'activité recensé au sol lors de l'étude de 2015.

III.3.2.2.3 *Fonctionnement*

L'enregistreur est paramétré en amont de l'installation. Une fois installé, branché et allumé, il est autonome. En effet, il se déclenche lui-même aux horaires programmés pour enregistrer. Ensuite, il envoie des informations à distance, sur les serveurs d'Elekon, consultables depuis un ordinateur via l'application Batlogger Connect.

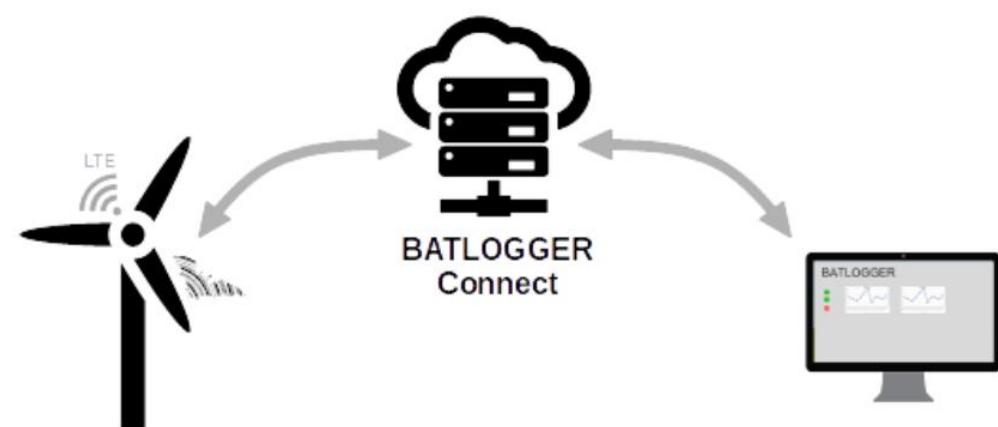


Figure 9 : Interconnexion entre le Batlogger et une interface à distance

Source : Elekon

L'applicatif Batlogger Connect indique notamment le nombre de contacts de chiroptères obtenus lors des dernières nuits d'enregistrement, la température du microphone, la pression de l'air, le niveau d'humidité, etc. De plus, il affiche l'état du micro (marche/arrêt) ainsi que les différents paramètres choisis pour l'enregistrement (voir figure ci-dessous) :



Figure 10 : Présentation des différentes informations disponibles sur l'interface Batlogger Connect (Source : Elekon)

L'enregistrement des données s'effectue en branchant sur l'interface de contrôle, un disque dur externe, une clé USB ou bien via une connexion en Ethernet local. Une copie des données peut être programmée quotidiennement via l'applicatif Batlogger Connect.

Cet appareil donne la possibilité de visualiser, selon un certain volume de données et selon une certaine périodicité, les sons enregistrés. Cela permet donc de prévenir les problèmes matériels et d'intervenir rapidement au besoin.

Il est possible de régler l'appareil pour définir la période d'enregistrement la plus favorable aux chiroptères. Cette dernière est généralement comprise entre 30 min avant le coucher du soleil jusqu'à 30 min après le lever du soleil. Aussi, l'appareil offre la possibilité d'effectuer des réglages au niveau de la sensibilité de l'appareil : fréquence d'échantillonnage, durée d'enregistrement, niveau de fréquence enregistré (réduction des sons parasites).

III.3.2.3 Analyse des signaux et identification des espèces

Plusieurs centaines de séquences sont obtenues à la fin de l'étude. Cependant, toutes ne correspondront pas à des contacts de chauves-souris. En effet, une majorité de ces fichiers sont liés à l'enregistrement de bruits « parasites » tels que des interférences, démarrage des pâles, etc. Au vu du volume considérable de fichiers à traiter, une détermination automatique à l'aide d'un logiciel, type Kaleidoscope Pro, est réalisée afin de permettre un pré-tri. Celui-ci permet notamment d'identifier les séquences correspondant à des chiroptères.

Une fois l'analyse par le logiciel terminée, il en ressort un tableau comprenant entre autres le nom du fichier, l'espèce identifiée sur celui-ci, un indice de confiance de l'identification automatique, la date réelle de l'enregistrement, la date de la nuit d'enregistrement, l'heure de celui-ci, etc.

Le logiciel est conçu pour donner un indice de confiance pertinent, allant de 0 (très incertain) à 1 (absolument certain) pour chacune de ses déterminations.

Les fichiers considérés comme « parasites » font également l'objet d'une visualisation rapide afin d'être sûrs qu'ils ne contiennent pas de contact de chiroptères.

La détermination manuelle, à l'aide du logiciel Batsound ou Kaleidoscope Pro, permet d'obtenir des informations plus précises telles que les fréquences initiales et terminales, les fréquences du maximum d'énergie, les intervalles entre les signaux, etc., afin d'identifier l'espèce dont il est question sur l'enregistrement.

Cependant, il n'est pas toujours possible d'aboutir à une espèce sur certains fichiers dus à une mauvaise qualité de l'enregistrement, à des signaux de trop faible intensité ou encore à l'absence de critère discriminant. Dans ce cas, l'identification ne va pas plus loin que le genre et c'est le nom du groupe d'espèces qui est retenu. Les différents groupes d'espèces possibles sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 4 : Regroupement d'espèces possibles

Groupe d'espèces	Espèces comprises
P35	Pipistrelle de Kuhl (<i>Pipistrellus kuhlii</i>) Pipistrelle de Nathusius (<i>Pipistrellus nathusii</i>)
P40	Pipistrelle de Nathusius (<i>Pipistrellus nathusii</i>) Pipistrelle commune (<i>Pipistrellus pipistrellus</i>)
P50	Pipistrelle commune (<i>Pipistrellus pipistrellus</i>) Pipistrelle pygmée (<i>Pipistrellus pygmaeus</i>)
Plecotus sp	Oreillard gris (<i>Plecotus austriacus</i>) Oreillard roux (<i>Plecotus auritus</i>)
Myotis sp	Tous les Murins
Sérotule	Sérotine commune (<i>Eptesicus serotinus</i>) Noctule commune (<i>Nyctalus noctula</i>) Noctule de Leisler (<i>Nyctalus leisleri</i>)

Lors de l'analyse des risques, c'est l'espèce la plus sensible du groupe qui sera alors retenue.

Une fois l'ensemble identifié, les résultats sont convertis en nombre de contacts par heure afin de lisser les biais liés au temps d'écoute. De plus, afin de lisser les biais liés à la distance de détection des espèces, il est choisi d'appliquer un coefficient de correction par espèce. En effet, la distance de détection s'avère différente en fonction des espèces. Un petit rhinolophe ne sera pas capté au-delà de 5 m du micro tandis qu'une noctule commune sera enregistrée jusqu'à 150 m. La probabilité de contacter une noctule commune sera donc beaucoup plus élevée que celle de rencontrer un petit rhinolophe. Les coefficients appliqués seront ceux préconisés par Michel Barataud dans son livre « Ecologie acoustique des chiroptères d'Europe » (2015).

Il est également important de noter qu'une absence de contact ne signifie pas forcément une absence de l'espèce sur le site étudié (MOTTE & LIBOIS, 2002), mais peut-être lié à de la non-détection.

Tableau 5 : Tableau des distances de détection des chauves-souris en fonction des espèces et leur coefficient de détectabilité en fonction du milieu (Source : Barataud, 2015)

milieu ouvert ou semi-ouvert				sous-bois			
Intensité d'émission	Espèces	distance détection	coefficient détectabilité (m)	Intensité d'émission	Espèces	distance détection	coefficient détectabilité (m)
très faible à faible	<i>Rhinolophus hipposideros</i>	5	5,00	très faible à faible	<i>Rhinolophus hipposideros</i>	5	5,00
	<i>Rhinolophus ferr./eur./meh.</i>	10	2,50		<i>Plecotus spp.</i>	5	5,00
	<i>Myotis emarginatus</i>	10	2,50		<i>Myotis emarginatus</i>	8	3,13
	<i>Myotis alcahое</i>	10	2,50		<i>Myotis nattereri</i>	8	3,13
	<i>Myotis mystacinus</i>	10	2,50		<i>Rhinolophus ferr./eur./meh.</i>	10	2,50
	<i>Myotis brandtii</i>	10	2,50		<i>Myotis alcahое</i>	10	2,50
	<i>Myotis daubentonii</i>	15	1,67		<i>Myotis mystacinus</i>	10	2,50
	<i>Myotis nattereri</i>	15	1,67		<i>Myotis brandtii</i>	10	2,50
	<i>Myotis bechsteinii</i>	15	1,67		<i>Myotis daubentonii</i>	10	2,50
	<i>Barbastella barbastellus</i>	15	1,67		<i>Myotis bechsteinii</i>	10	2,50
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	1,00		<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	20	1,25
	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	25	1,00		<i>Miniopterus schreibersii</i>	20	1,25
forte	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	25	1,00	forte	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	25	1,00
	<i>Pipistrellus nathusii</i>	25	1,00		<i>Pipistrellus kuhlii</i>	25	1,00
	<i>Miniopterus schreibersii</i>	30	0,83		<i>Pipistrellus nathusii</i>	25	1,00
	<i>Hypsugo savii</i>	40	0,63		<i>Hypsugo savii</i>	30	0,83
	<i>Eptesicus serotinus</i>	40	0,63		<i>Eptesicus serotinus</i>	30	0,83
	<i>Eptesicus nilsonii</i>	50	0,50		<i>Eptesicus nilsonii</i>	50	0,50
	<i>Eptesicus isabellinus</i>	50	0,50		<i>Eptesicus isabellinus</i>	50	0,50
	<i>Vespertilio murinus</i>	50	0,50		<i>Vespertilio murinus</i>	50	0,50
	<i>Nyctalus leisleri</i>	80	0,31		<i>Nyctalus leisleri</i>	80	0,31
	<i>Nyctalus noctula</i>	100	0,25		<i>Nyctalus noctula</i>	100	0,25
très forte	<i>Tadarida teniotis</i>	150	0,17	très forte	<i>Tadarida teniotis</i>	150	0,17
	<i>Nyctalus lasiopterus</i>	150	0,17		<i>Nyctalus lasiopterus</i>	150	0,17

Le but de ces analyses est de quantifier la richesse spécifique et l'activité des espèces sur le site. Ces informations sont également cartographiées et représentées graphiquement.

Le niveau d'activité des chauves-souris ainsi que le niveau de richesse spécifique en altitude sont définis selon les tableaux suivants :

Tableau 6 : Calcul du niveau d'activité en altitude

Niveau d'activité	Nb de contact / h
Nul à très faible	<0,4
Faible	0,4≤-1
Moyen	1≤-2
Fort	2≤-3
Très fort	≥3

Tableau 7 : Calcul du niveau de richesse spécifique

Richesse spécifique	Nombre d'espèces
Nulle à très faible	0 à 2
Faible	3 à 4
Moyenne	5 à 7
Fort	8 à 10
Très forte	>10

Pour chaque espèce, le seuil d'activité sera toutefois hiérarchisé selon les niveaux établis pour la région Bretagne. Le seuil d'activité est calculé en multipliant le nombre de contacts par le coefficient de détectabilité.

Tableau 8 : Évaluation du seuil d'activité au sol pour chaque espèce de chauves-souris en Bretagne (Source : Amikiro, 2016, adapté pour l'altitude par Synergis Environnement 2019)

Espèce	Indice de détectabilité	Niveau d'abondance en Bretagne	Seuil d'activité en altitude (n = nb contact / h)				
			Nul à très faible	Faible	Moyen	Fort	Très fort
Pipistrelle commune	Moyen	Commune à très commune	n < 0,16	0,16 ≤ n < 0,64	0,64 ≤ n < 1,2	1,2 ≤ n < 2,4	2,4 ≤ n
Pipistrelle de Kuhl	Moyen	Commune	n < 0,08	0,08 ≤ n < 0,32	0,32 ≤ n < 0,6	0,6 ≤ n < 1,2	1,2 ≤ n
Pipistrelle de Natusius	Moyen	Peu commune	n < 0,02	0,02 ≤ n < 0,08	0,08 ≤ n < 0,15	0,15 ≤ n < 0,3	0,3 ≤ n
Pipistrelle pygmée	Moyen	Rare	n < 0,01	0,01 ≤ n < 0,04	0,04 ≤ n < 0,075	0,075 ≤ n < 0,15	0,15 ≤ n
Barbastelle d'Europe	Faible	Peu commune	n < 0,004	0,004 ≤ n < 0,02	0,02 ≤ n < 0,04	0,04 ≤ n < 0,06	0,06 ≤ n
Sérotine commune	Fort	Commune	n < 0,12	0,12 ≤ n < 0,48	0,48 ≤ n < 0,9	0,9 ≤ n < 1,8	1,8 ≤ n
Noctule commune	Très fort	Rare	n < 0,02	0,02 ≤ n < 0,08	0,08 ≤ n < 0,15	0,15 ≤ n < 0,3	0,3 ≤ n
Noctule de Leisler	Très fort	Rare	n < 0,02	0,02 ≤ n < 0,08	0,08 ≤ n < 0,15	0,15 ≤ n < 0,3	0,3 ≤ n
Sérotine bicolore	Très fort	Anecdotique	n < 0,02	0,02 ≤ n < 0,08	0,08 ≤ n < 0,15	0,15 ≤ n < 0,3	0,3 ≤ n
Grande Noctule	Très fort	Anecdotique	n < 0,02	0,02 ≤ n < 0,08	0,08 ≤ n < 0,15	0,15 ≤ n < 0,3	0,3 ≤ n
Oreillard roux	Fort (milieu ouvert)	Assez commune	n < 0,06	0,06 ≤ n < 0,24	0,24 ≤ n < 0,45	0,45 ≤ n < 0,9	0,9 ≤ n
Oreillard roux	Moyen (milieu semi-ouvert)	Assez commune	n < 0,04	0,04 ≤ n < 0,16	0,16 ≤ n < 0,3	0,3 ≤ n < 0,6	0,6 ≤ n
Oreillard roux	Faible (milieu fermé)	Assez commune	n < 0,01	0,01 ≤ n < 0,04	0,04 ≤ n < 0,075	0,075 ≤ n < 0,15	0,15 ≤ n
Oreillard gris	Fort (milieu ouvert)	Assez commune	n < 0,06	0,06 ≤ n < 0,24	0,24 ≤ n < 0,45	0,45 ≤ n < 0,9	0,9 ≤ n
Oreillard gris	Moyen (milieu semi-ouvert)	Assez commune	n < 0,04	0,04 ≤ n < 0,16	0,16 ≤ n < 0,3	0,3 ≤ n < 0,6	0,6 ≤ n
Oreillard gris	Faible (milieu fermé)	Assez commune	n < 0,01	0,01 ≤ n < 0,04	0,04 ≤ n < 0,075	0,075 ≤ n < 0,15	0,15 ≤ n
Grand Rhinolophe	Faible	Peu commune	n < 0,004	0,004 ≤ n < 0,02	0,02 ≤ n < 0,04	0,04 ≤ n < 0,06	0,06 ≤ n
Petit Rhinolophe	Faible	Peu commune	n < 0,004	0,004 ≤ n < 0,02	0,02 ≤ n < 0,04	0,04 ≤ n < 0,06	0,06 ≤ n
Murin d'Alcathoe	Faible	Peu commune	n < 0,004	0,004 ≤ n < 0,02	0,02 ≤ n < 0,04	0,04 ≤ n < 0,06	0,06 ≤ n
Murin de Bechstein	Faible	Peu commune	n < 0,004	0,004 ≤ n < 0,02	0,02 ≤ n < 0,04	0,04 ≤ n < 0,06	0,06 ≤ n
Murin à Oreilles échancrées	Faible	Peu commune	n < 0,004	0,004 ≤ n < 0,02	0,02 ≤ n < 0,04	0,04 ≤ n < 0,06	0,06 ≤ n
Murin de Natterer	Faible	Assez commune	n < 0,01	0,01 ≤ n < 0,04	0,04 ≤ n < 0,075	0,075 ≤ n < 0,15	0,15 ≤ n
Murin à moustaches	Faible	Assez commune	n < 0,01	0,01 ≤ n < 0,04	0,04 ≤ n < 0,075	0,075 ≤ n < 0,15	0,15 ≤ n
Murin de Daubenton	Faible	Commune	n < 0,02	0,02 ≤ n < 0,08	0,08 ≤ n < 0,15	0,15 ≤ n < 0,3	0,3 ≤ n
Grand Murin	Moyen (milieu ouvert et semi-ouvert)	Peu commune	n < 0,02	0,02 ≤ n < 0,08	0,08 ≤ n < 0,15	0,15 ≤ n < 0,3	0,3 ≤ n
Grand Murin	Faible (milieu fermé)	Peu commune	n < 0,004	0,004 ≤ n < 0,02	0,02 ≤ n < 0,04	0,04 ≤ n < 0,06	0,06 ≤ n
Minioptère de Schreibers	Moyen	Rare	n < 0,01	0,01 ≤ n < 0,04	0,04 ≤ n < 0,075	0,075 ≤ n < 0,15	0,15 ≤ n

Légende :

tout milieu	milieu ouvert	milieu semi-ouvert	milieu fermé

III.3.3 Cadre méthodologique générique du suivi de mortalité

III.3.3.1 Protocoles de terrain proposés

Le principe de départ est simple, il consiste à parcourir une surface-échantillon adaptée autour de chaque éolienne afin de détecter les cadavres associés à la mortalité éolienne.

L'échantillonnage peut se faire en carré ou en cercle, de longueur ou diamètre de 100 m ou du diamètre du rotor pour les éoliennes à pales de plus de 50 m. Seules les zones avec une végétation suffisamment ouverte sont prises en compte.

La surface-échantillon est parcourue à pied en suivant des transects (lignes de prospection), espacés de 5 à 10 m pour couvrir la totalité de celle-ci. Le temps de prospection attendu est de 30 à 45 minutes pour une surface-échantillon de base.

Cependant trois facteurs principaux mènent à une sous-estimation de la mortalité, en se contentant de compter les oiseaux et les chiroptères trouvés morts au pied des éoliennes (Dulac, 2008) :

- ✓ La disparition des cadavres entre le moment où l'oiseau ou la chauve-souris tombe et le moment de la recherche sur le terrain (prédateur par les charognards, enfouissement par des insectes nécrophages, dégradation rapide par les fortes pluies, enfouissement des cadavres au moment des labours)
- ✓ 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
- ✓ La réduction ponctuelle de la surface de prospection en fonction des conditions locales

On peut aussi évoquer la mortalité différée (animal blessé se déplaçant largement hors de l'aire de recherche avant de décéder), qui n'est actuellement pas évaluée

La prise en compte de ces 3 facteurs implique différentes adaptations, dont certaines sur le terrain.

La prédateur se produit essentiellement au cours du jour (prédateurs et charognards nocturnes ou crépusculaires en début et fin de journée, et des aurores à la tombée de la nuit pour les prédateurs et charognards diurnes). En pleine nuit, la prédateur est limitée aux espèces réellement nocturnes.

La prospection doit se faire le plus tôt possible afin de limiter cette prédateur.

La détectabilité diminue si la luminosité est trop faible, il n'est donc pas possible de commencer aux aurores. La prospection doit donc commencer au plus tôt, à partir du lever du soleil.

En cas de travaux agricoles sur une partie de la surface, de présence de biocides, d'évolution défavorable du couvert végétal, la surface prospectée sera réduite provisoirement. Un état des lieux de l'occupation des sols au pied des éoliennes doit être conduit en conséquence.

III.3.3.2 Prise en compte des biais

Pour compléter la prise en compte des facteurs évoqués précédemment, sources de biais, des coefficients correcteurs sont appliqués aux résultats obtenus sur le terrain.

Winkelman a le premier intégré (1989, 1992) ces coefficients correcteurs (in Dulac, 2008). Le principe a été repris et amélioré par la suite. Une formule résume la prise en compte de ces coefficients par Winkelman :

$$N_{\text{estimé}} = C / (p * d) * A$$

N_{estimé} : = nombre de cadavres total

C = nombre de cadavres comptabilisés

d = taux de détection

p = taux de persistance durant l'intervalle de suivi

A = coefficient correcteur de surface = S_{ap} / S_p

S_p : Surface prospectée

S_{ap} : Surface à prospecter (zone de prospection théorique de 100m*100m)

III.3.3.2.1 Mortalité détectée et attribuable à l'éolienne

Afin de prendre en compte la mortalité uniquement imputable au fonctionnement du parc éolien, les éventuels cadavres liés à d'autres causes de mortalité que l'éolien (Nb) ne sont pas intégrés.

N_a : Nombre de cadavres découverts

N_b : Nombre de cadavres découverts dont la mort n'est pas liée aux éoliennes

C = nombre de cadavres comptabilisés = $N_a - N_b$

Trois coefficients pondérateurs sont appliqués afin de corriger les biais de la méthodologie.

III.3.3.2.2 Coefficient de détectabilité (d)

Ce coefficient correspond à l'efficacité de l'observateur à retrouver des cadavres sur une surface donnée, avec un couvert identifié.

Il est déterminé à partir d'un test mené en parallèle au suivi en tant que tel. Il est compris entre 0 (aucun cadavre détecté) à 1 (tous les cadavres sont retrouvés).

III.3.3.2.3 Durée de persistance (\bar{t})

Il remplace **p**, proportion de cadavres restant à la fin de l'intervalle de suivi, auquel il est lié, dans les calculs plus développés des estimateurs retenus.

Ce coefficient correspond à la durée moyenne de persistance d'un cadavre avant sa disparition (tout en considérant qu'au-delà de plus de 2 semaines, la prédateur d'un cadavre par un charognard devient presque nulle).

III.3.3.2.4 Pondération de surface de prospection

En théorie, la surface prospectée est minimum de 1 ha (100m*100m) pour un carré et de 0,78 ha pour un cercle. En pratique, des éléments comme une végétation trop haute, un traitement par biocide au mauvais moment, etc., empêchent l'observateur d'accéder à certaines parcelles.

Afin de prendre en compte les surfaces pour lesquelles aucune prospection n'est effectuée, un coefficient **A** est calculé en divisant la surface réellement prospectée (**Sp**) par la surface théorique de prospection (**Sap** = 100m*100m). Cette pondération est actualisée chaque prospection et pour chaque éolienne.

L'évolution des cultures est souvent le facteur principal de modification des surfaces prospectées. Une parcelle ayant un couvert végétal supérieur à 30 cm de haut est systématiquement non prospectée, la détection diminuant alors très fortement.

III.3.3.2.5 Estimateurs de mortalité utilisés

Formule d'Erickson

Dans la méthode d'Erickson, le taux de persistance des cadavres, de la formule initiale de Winkelmann, est remplacé par la durée moyenne de persistance. L'avantage de cette méthode est de pouvoir réaliser des estimations de mortalité même quand le taux de persistance à la fin de l'intervalle de suivi vaut 0 (intervalle de suivi long).

La formule d'Erickson (ERICKSON & al., 2000 in DULAC, 2008) est la suivante :

$$N = \frac{I \times C}{\bar{t} \times d} \times A$$

I est la fréquence de passage en jour. **C** est le nombre de cadavres trouvés. **A** est le coefficient de correction de surface. **d** est le coefficient de détectabilité. **̄t** est la durée moyenne de persistance des cadavres.

Formule de Jones

Pour son estimation de la mortalité, Jones et al. (in DULAC 2008) propose une méthode de calcul en retravaillant la valeur du paramètre de la persistance des cadavres. Il considère que la mortalité est constante dans le temps et que la persistance des cadavres suit une loi exponentielle négative. Cette méthode suppose que la probabilité moyenne de disparition d'un cadavre sur l'intervalle est égale à la probabilité de disparition d'un cadavre tombé au milieu de l'intervalle de temps. Ainsi, la valeur de **p** est définie par l'équation suivante :

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

$$N = \frac{C}{d \times \exp(-0.5 \times I/\bar{t}) \times \hat{e}} \times A$$

Avec coefficient correcteur d'intervalle effectif : $\hat{e} = \frac{\text{Min}(I, \hat{I})}{I}$

Jones et al. ajoutent la notion d'intervalle effectif en considérant que plus l'intervalle est long, plus le taux de persistance s'approche de 0. Ainsi, un cadavre retrouvé à la fin d'un intervalle de suivi long n'est pas tombé au début de l'intervalle, mais plus probablement au cours de cet intervalle. Il convient donc de redéfinir l'intervalle réellement suivi appelé intervalle effectif \hat{I} qui correspond à la période pendant laquelle le taux de persistance est supérieur à 1 %.

Sa valeur vaut donc : $\hat{I} = \log(-0,01 \times \bar{t})$

Pour les calculs, la valeur de **I** prend la valeur minimale entre **I** et \hat{I} (CORNUT & VINCENT, 2010 in DULAC 2008).

Formule de Huso

Huso part de la formule de Jones (HUSO, 2010 in DULAC 2008), mais elle considère que la probabilité de disparition au point moyen de l'intervalle n'est pas égale à la probabilité moyenne de persistance d'un cadavre. Elle considère également que la mortalité est constante.

$$p = \frac{\bar{t} \times (1 - \exp^{-I/\bar{t}})}{I}$$

$$\text{D'où : } N = \frac{C}{d \times \frac{\bar{t} \times (1 - \exp^{-I/\bar{t}})}{I} \times \hat{e}} \times A$$

De même, dans les calculs, **I** prend la valeur minimale entre **I** et \hat{I} .

III.3.3.3 Rappels théoriques

Pour ceux qui ne sont pas familiers avec le traitement statistique et probabiliste, les résultats donnés par les estimateurs peuvent paraître étonnantes, voire incohérents. En premier lieu, les calculs donnent des résultats décimaux (qui sont arrondis dans le texte), pour des nombres de cas de mortalité.

De plus, les estimateurs fonctionnent sur un certain nombre de probabilités estimées à partir des données de terrain. Afin de rendre compte de la variabilité potentielle des situations initiales, de nombreux cas théoriques sont simulés.

Par exemple, si 10 cadavres sont retrouvés, ça peut correspondre à 10 cas effectifs de mortalité, comme à 100 cas effectifs.

En simulant à de nombreuses reprises les possibilités correspondant à un ensemble de données, par tirage aléatoire d'une mortalité théorique, il est possible d'établir 3 éléments :

- ✓ La médiane, cas théorique le moins extrême. Il y a autant de cas théoriques avec une mortalité moindre qu'avec une mortalité supérieure.
- ✓ L'intervalle de confiance (IC) de 80 %, borné par 2 valeurs (IC 10 et IC 90), qui indique que 80 % des cas théoriques testés sont situés entre les 2 bornes. Dans la plupart des cas, la situation réelle est dans cet intervalle. Plus cet intervalle est grand, moins les résultats sont certains. Cet intervalle, dans ce contexte, joue le rôle de définir le minimum et le maximum.
- ✓ L'intervalle de confiance de 95 %, borné par les 2 valeurs (IC 2,5 et IC 97,5). Il indique donc que 95 % des cas théoriques testés sont situés entre ces 2 bornes.

Comme il s'agit de cas théoriques, il est toujours possible de proposer des cas extrêmes ayant d'infimes probabilités de convenir à la situation réelle. En cela, les cas ne peuvent être bordés par un minimum ou un maximum calculé absolu (quoique la mortalité ne pouvant être négative, la borne inférieure peut mathématiquement atteindre 0, minimum absolu).

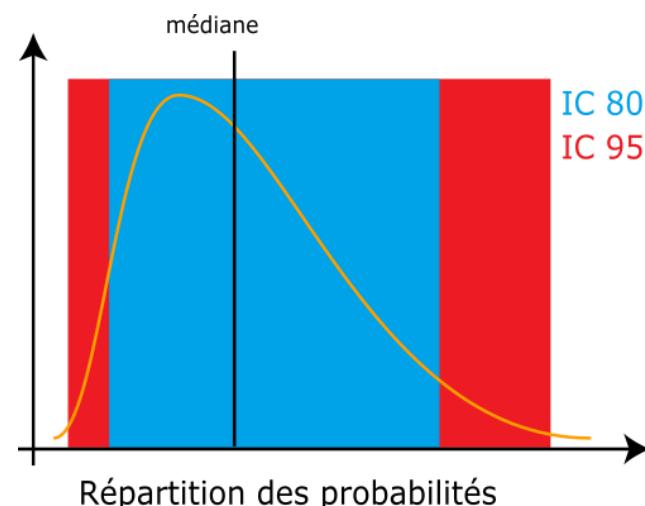


Figure 11 : Répartition des probabilités en fonction d'une valeur théorique de mortalité réelle

Les estimateurs travaillant avec des séries aléatoires de cas théoriques pour tester les possibilités, la même estimation faite 2 fois conduira à des résultats légèrement différents.

Les estimateurs ne calquent pas les bornes inférieures des intervalles sur le nombre de cas réellement enregistrés. Il est donc possible que le calcul indique une borne inférieure au nombre de cas. Quand il est fait état de l'intervalle, ce sont les limites calculées qui sont indiquées. Quand il est évoqué le chiffre réel, la borne inférieure est ajustée au nombre de cas réellement enregistrés.

III.3.4 Spécificité des suivis de mortalité Synergis Environnement

Le protocole de terrain reprend la méthodologie employée lors du suivi de 2020.

III.3.4.1 Protocole de terrain retenu

Le suivi se fait sur un carré de 100 m de côté centré sur chaque éolienne.

La surface-échantillon est parcourue à pied en suivant des transects (lignes de prospection), espacés de 10 m pour couvrir celle-ci. Toutes les zones avec une végétation de plus de 30 cm de haut sont écartées.

III.3.4.2 Prise en compte du type de surface

Comme chacun peut se l'imaginer, il n'est pas aussi facile de chercher un objet sur une surface goudronnée que dans 30 cm d'herbe. Partant de ce constat, il est apparu logique de traiter de façon différenciée les différents types de surface dans les processus de suivi, de test et d'analyse.

Pour ceci, 5 types de surface sont définis :

- ✓ Surfaces planes (voies, certaines plateformes, champs labourés nivelés)
- ✓ Végétation basse (moins de 15 cm, moins de 25 cm avec un port dressé et un recouvrement inférieur à 20 %, sol nu très irrégulier)
- ✓ Végétation moyenne (plus de 15 cm ou plus de 25 avec port dressée, mais moins de 30 cm de hauteur moyenne)

- ✓ Végétation haute (plus de 30 cm, mais pouvant être parcouru)
- ✓ Inaccessible (fourré dense, zone clôturée...)

Seules les 3 premières sont prises en compte en pratique dans le suivi, la quatrième pouvant néanmoins révéler des espèces de grande taille.

Ce type de surface varie au fil du temps. Chaque quadrat prospecté peut donc être divisé, à chaque prospection, en plusieurs polygones avec des types de surface différents. Ceci est relevé à chaque fois, afin de pouvoir suivre l'évolution des types de couverts.

Tableau 9 : Exemple de notation des types de couverts pour une éolienne

Eolienne A	Surface plane	Végétation basse	Non prospectable
Semaine 1	0,6 ha	0,4 ha	0 ha
Semaine 2	0,5 ha	0,3 ha	0,2 ha
Semaine 3	0,5 ha	0,3 ha	0,2 ha

III.3.4.3 Test de détection

Le test de détection permet d'établir le coefficient de déetectabilité. Celui-ci est personnel, associé à un intervenant. Il varie aussi selon l'occupation du sol (couvert végétal).

III.3.4.3.1 Limites du test de détection du protocole

Le test original est prévu pour chaque intervenant, au moins 2 fois, pour et sur chaque site, dans des conditions réelles, sans que l'intervenant soit prévenu, avec un nombre suffisant de leurres posés.

Dans les faits, deux aspects importants se conjuguent, qui limitent la portée :

- ✓ L'aspect surprise est vite éventé ; dès qu'un intervenant observe unurre, il intègre qu'un test est en cours. Seule la recherche jusqu'à la découverte du premierurre n'est pas biaisée. Le biais n'est ainsi que partiellement compensé. Seule l'utilisation de véritables cadavres permettrait de leurrer l'intervenant, à condition de tester avec de faibles quantités.
- ✓ Le développement de la végétation au fil des semaines est rapide au début de la saison de suivi. Le contexte local qui sert de référence pour le suivi n'est donc pas nécessairement pertinent au-delà d'une courte période (maximum 2-3 semaines en début de saison).

De plus, en fonction de l'équipe de suivi, le nombre d'intervenants à tester peut-être important (intervenants réguliers et remplaçants potentiels). Avec en outre la distance, l'organisation devient complexe, et les contraintes techniques et financières peuvent amener à ne pas se conformer strictement au protocole, surtout quand plusieurs parcs différents sont pris en charge.

Il est également raisonnable de penser que la capacité de détection d'un observateur est globalement la même entre deux jeunes champs de maïs de même développement ou entre deux plateformes gravillonnées.

III.3.4.3.2 Adaptation du test de détection

Synergis Environnement a mis en place une méthodologie de test alternatif, qui permet d'optimiser la définition du coefficient de détectabilité tout comme l'organisation des tests.

Hormis le constat de départ sur le test de détection, il a été choisi de prendre en compte la variation du coefficient de détectabilité selon le type de surface (III.3.4.2).

Le test de détection adapté est calqué sur le test original, avec pour différences :

- ✓ La surface totale est généralement inférieure à 1 ha, elle comprend un ou plusieurs types de surface.
- ✓ La disposition des leurres est tirée au sort sous SIG (disposition aléatoire avec distance minimale de 4m) afin de limiter le biais testeur. Elles sont lâchées en l'air au point prévu.
- ✓ Le test est chronométré, avec des temps minimal et maximal définis selon la surface du test en proportion des surfaces réelles (base 1h/ha). Ceci limite le biais observateur averti, puisque celui-ci, au courant par principe du test en cours, ne peut augmenter sensiblement son temps de recherche et ainsi intensifier celle-ci.
- ✓ Le nombre de leurres cumulés sur plusieurs tests augmente la fiabilité du coefficient de détectabilité (en principe 20 à 30 leurres par test).

Trois types de leurres sont utilisés : tissu (forme en tissu marron), fibre (forme en fibres brunes non tissées) et réaliste (confectionné avec des plumes de ramier ou de corneille). Les résultats des tests permettent de comparer les différents leurres en vue de l'amélioration de ceux-ci.

Le nombre de tests adaptés n'est pas limité (modalités pratiques de mise en place moins lourdes). Un cumul des tests sur plusieurs années est aussi prévu. Un test sur site est généralement réalisé (pour un intervenant régulier), afin de contrôler la cohérence des résultats (avec séparation des types de surfaces). Des corrections peuvent être appliquées en compensation.

Chaque intervenant du suivi de mortalité participe à des tests de détection. Ces tests permettent de définir le coefficient de détectabilité pour chaque intervenant. On obtient donc, pour chaque intervenant, un coefficient de détectabilité pour chaque type de surface, selon le modèle ci-dessous.



Figure 12 : Leurre fabriqué en tissu
(Source : photo ALTHIS)

Tableau 10 : Exemple de coefficients de détectabilité

Intervenant	Surface plane	Végétation basse	Végétation haute
Intervenant 1	0,85	0,4	0,2
Intervenant 2	0,84	0,28	0,14

III.3.5 Prise en compte conjoint de la détectabilité et du couvert

.1.1.1 - Principe

À chaque type de couvert, et à chaque intervenant est associé un taux de détectabilité spécifique.

À chaque éolienne et à chaque passage est associée une surface par type de couvert.

Il est donc possible de définir pour chaque journée un coefficient moyen journalier de détectabilité et la surface prospectée journalière. Sur la période de suivi, on peut prendre en compte les moyennes pour le suivi, ce qui donne la surface prospectée moyenne, donc le coefficient correcteur de surface, et le coefficient composite de détectabilité qui sont nécessaires pour la mise en œuvre des calculs.

$$A = \frac{\sum_{i=0}^n \left(\frac{S_p + S_b + S_h}{S_{ap}} \right)}{n}$$

$$d = \frac{\sum_{i=0}^n (d_p \times S_p + d_b \times S_b + d_h \times S_h)}{n}$$

A : Coefficient correcteur de surface

S_p : Surface prospectée journalière en surface plane

S_b : Surface prospectée journalière en végétation basse

S_m : Surface prospectée journalière en végétation moyenne

S_{ap} : Surface à prospecter (zone de prospection théorique de 100m*100m)

d : Coefficient composite de détectabilité des observateurs

d_p : Coefficient de détectabilité de l'observateur en surface plane

d_b : Coefficient de détectabilité de l'observateur en végétation basse

d_m : Coefficient de détectabilité de l'observateur en végétation moyenne

Tableau 11 : Exemple de calculs de A et d

Éolienne A	Intervenant	Surface plane			Végétation basse			Non prospectable	Détectabilité moyenne	Correction de surface prospectée
		S _p	d _p	S _p * d _p	S _b	d _b	S _b * d _b			
Semaine 1	Intervenant 1	0,6	0,85	0,51	0,4	0,4	0,16	0 ha	0,67	1
Semaine 2	Intervenant 2	0,5	0,84	0,42	0,3	0,28	0,084	0,2 ha	0,504	0,8
Semaine 3	Intervenant 1	0,5	0,85	0,425	0,3	0,4	0,12	0,2 ha	0,545	0,8
Bilan		0,53	0,847	0,45	0,33	0,36	0,12	0,13 ha	0,573	0,87

1.1.2 - Mise en œuvre

Les 3 estimateurs retenus pour les calculs sont disponibles, pour une mise en œuvre, de façon simple et fiable, sur le site du Centre d'écologie fonctionnelle et évolutive (CEFE) : <https://shiny.cefe.cnrs.fr/EolApp/>

Les données sont à fournir sous une forme précise :

- ✓ Le nombre de cas de mortalité est saisi par passage dans un fichier,
- ✓ La durée de persistance par carcasse du test est saisie dans un fichier,
- ✓ 4 autres données sont fournies : l'intervalle entre passages, les nombres de leurres posés et retrouvés pour la détection, et le pourcentage de surface prospectée.

Avec ces éléments, le programme fournit l'estimation médiane et les intervalles de confiance à 95 % et 80 % pour chaque estimateur. Les 3 modèles utilisés ne sont pas comparés, mais moyennés pour définir la médiane et l'intervalle de confiance à 80 %.

1.1.3 - Utilisation des coefficients de détectabilité composites

L'utilisation du programme du CEFÉ pour les calculs nécessite de fournir des chiffres de détection, issus des tests de terrain, en moyennant les différents observateurs. La prise en compte des différents couverts végétaux ne permet pas d'utiliser directement le programme. On recrée donc des chiffres utilisables avec les taux composites.

Le nombre de leurres des tests de détection est pris en référence. Combiné avec le coefficient de détectabilité composite par prospection, le nombre de leurres théoriquement détecté dans chaque cas est calculé. Ceci permet de fournir un chiffre au programme de calcul (nombre trouvé en détection).

Détection théorique = nombre de leurres utilisés pour les tests x d

Exemple pour 40 leurres aux tests de détection et chiffres du Tableau 5 :

Détection théorique sur l'éolienne E = 40 x d = 40 x 0,573 = 22,92.

Sur l'éolienne E, avec un couvert à 53 % plat et 33 % bas en moyenne, qui correspond à un taux de détection composite de 57,3 %, le test de détection pour 40 leurres aurait théoriquement permis de retrouver 23 leurres.

III.3.6 Utilisation des données météorologiques et de fonctionnement

1.1.4 - Définitions

III.3.6.1 Moments de la journée

Le maximum d'activité des chauves-souris intervient dans la demi-heure précédente et les 4 heures suivant le coucher du soleil. En vue de faciliter les analyses, la journée a été découpée en 5 périodes :

- ✓ Le crépuscule (½ heure avant le coucher du soleil)
- ✓ Le début de nuit (du coucher jusqu'à 4 h après le coucher de soleil)
- ✓ Le milieu de nuit (entre le début et la fin)

- ✓ La fin de nuit (à partir de 2 h avant le lever du soleil)
- ✓ La période « journée » (du lever à 9 h, puis de 19 h au crépuscule)

Le crépuscule et le début de nuit forment conjointement la première partie de nuit.

III.3.6.2 Séquences

Les données disponibles issues de mesures (vitesse et orientation du vent, activité de l'éolienne, température de l'air) sont relevées par séquences de 10 minutes. Les séquences renseignent des changements sur un pas de temps beaucoup plus fin que celui du suivi de mortalité, qui est de l'ordre de la semaine. Les moyennes et les extrêmes enregistrés au cours de cet intervalle long ne sont pas très pertinents. Cependant, la séquence n'est pas une échelle de restitution adaptée.

Chaque variable étudiée (vent...) est traduite en données discrètes par séquence. Il est recherché des indicateurs, qui définissent le caractère favorable (pour l'activité des chiroptères) ou non d'une mesure, ou qui simplifient la lecture de la donnée (orientation du vent).

À l'échelle des pas de temps restitués (nuit, semaine, mois), il est possible alors de calculer une fréquence des résultats sur le pas de temps considéré (X % de séquences favorables). Ces indicateurs par pas de temps permettent de les analyser et les comparer.

Une variable mesurée (niveau de vent, de température, d'activité éolienne) est transformée en fréquence de séquence favorable ou non à l'activité des chiroptères ou présentant un danger.

Trois indicateurs sont retenus, pour être utilisés dans l'analyse.

III.3.6.2.1 Vent favorable à l'activité des chiroptères

La limite de vent favorable de référence, pour les chiroptères, est de 7 m/s. Cette limite théorique est issue d'observation chez les pipistrelles (espèces principalement contactées sur le site). Le suivi en nacelle met en évidence que 92 % des contacts de chiroptères sur le parc se font sous un vent de 7 m/s ce qui sera la limite de base, mais pouvant être ajusté selon d'autres critères.

Les 3 mesures de vent (minimal, moyen et maximal) sont intégrées dans un même indicateur selon le Tableau 12 suivant.

Tableau 12 : Période de vent favorable à l'activité des chiroptères

Mesures du vent		Conditions de vol	Forme simplifiée
Vent moyen (< 7 m/s)	Vent max. (< 7 m/s)	Très favorable	Favorable
	Vent max. (> 7 m/s)	Favorable	
Vent moyen (> 7 m/s)	Vent min. (< 7 m/s)	Peu favorable	Défavorable
	Vent min. (> 7 m/s)	Défavorable	

La fréquence ou le nombre pour chaque catégorie peut ainsi être évalué, donnant une indication générale du potentiel d'activité sur la période considérée.

Cette indication paraît plus fiable, comme le montre l'exemple suivant. Soit une série de 10 séquences où le vent moyen a été mesuré successivement à 2 - 4 - 4 - 3 - 6 - 6 - 8 - 11 - 17 - 19 m/s.

Le minimum est à 2 m/s, le maximum à 19 m/s, la moyenne à 8 m/s et la médiane à 6 m/s.

Retenir la moyenne aboutit à considérer la série comme défavorable, tout comme le maximum. À l'inverse, le minimum donne la série comme extrêmement favorable. La médiane est à 6 m/s, ce qui est déjà plus intéressant, mais ne dit pas si les séquences à plus de 6 sont ou non favorables.

L'application de l'indicateur montre que 60 % des séquences sont favorables (sans intégrer les nuances liées aux vents minimaux et maximaux des séquences).

III.3.6.2.2 *Danger associé au fonctionnement éolien*

Les éoliennes modernes ont une utilisation optimale du vent. Dès que celui-ci est suffisant, elles tournent à un régime assez soutenu (plus de 6 tours par minute), qui donne une vitesse linéaire en extrémité de pale vite supérieure à 80 km/h. Les seuls mouvements peu dangereux sont donc ceux en roue libre à faible vitesse. Il n'y a pas vraiment d'activité intermédiaire. Il est cependant possible de graduer le dépassement d'un seuil, selon s'il concerne les activités maximales, moyennes ou minimales.

Un seuil de 4 tr/min peut être retenu en première instance. La représentation graphique des vitesses de rotation en distribution par classes permet de mettre en évidence la rupture de répartition qui correspond au début de la plage de fonctionnement. Un ajustement du seuil peut être réalisé en conséquence.

Tableau 13 : Danger en fonction du fonctionnement des éoliennes

Vitesse de rotation		Danger
Moyenne (< 4 tr/min)	Maximale (< 4 tr/min)	Très faible
	Maximale (> 4 tr/min)	Faible
Moyenne (> 4 tr/min)	Minimale (< 4 tr/min)	Elevé
	Minimale (> 4 tr/min)	Très élevé

La proportion ou le nombre de chaque catégorie peut ainsi être évalué, donnant une indication générale du danger sur la période considérée.

III.3.6.2.3 *Vents et activité des éoliennes*

Les données fournies par l'exploitant sont utilisées, avec un relevé de vent (vitesses et orientation) et d'activité de l'éolienne toutes les dix minutes du 01/05/2020 au 30/10/2020.

Étant donné également que le vent est un élément important pour l'activité des chauves-souris, dont le maximum d'activité intervient dans la demi-heure précédente et les 3 heures suivant le coucher du soleil, l'analyse porte principalement sur le vent durant cette période. Elle s'appuie sur la division de la journée en 5 périodes (III.3.6.1).

On peut ainsi établir une répartition d'orientation par période, avec des orientations cardinales (NE, E, SE, S, SO, O, NO, N).

IV. CONTEXTE ECOLOGIQUE ET REGLEMENTAIRE

IV.1 *Zones naturelles proches*

L'étude des zones naturelles aux alentours d'un site éolien peut permettre la mise en évidence de potentiels facteurs influençant les enjeux environnementaux. Une aire d'étude éloignée (AEE) de 10km autour du parc est désignée. La distance de 10km est prise arbitrairement, mais prend en compte la facile capacité de déplacement des espèces volantes étudiées dans ce rapport.

La zone naturelle la plus proche est située à 100m du site éolien (ZNIEFF de type 2). Plus éloigné, dans le rayon de 10 km, quatre ZNIEFF de type 1 et une de type 2 sont présentes, ainsi qu'un APPB et deux sites NATURA 2000.

IV.1.1 *Le réseau Natura 2000*

Le réseau Natura 2000 est un réseau développé à l'échelle européenne qui se base sur deux directives : la Directive n°79/409 pour la conservation des oiseaux sauvages et la Directive n°92/43 concernant la conservation des habitats naturels ainsi que la flore et la faune sauvages. Ces directives ont donné naissance respectivement aux Zones de Protection Spéciale (ZPS) et aux Zones Spéciales de Conservation (ZSC). Avant d'être reconnues comme ZSC, ces dernières sont appelées Sites d'Importance Communautaire (SIC). Par ailleurs, la France a aussi mis en place un inventaire des zones importantes pour la conservation des oiseaux (ZICO), sur lequel elle s'appuie pour définir ses ZPS.



Aucun site NATURA 2000 n'est recensé dans un rayon de 10 km autour des éoliennes.

IV.1.2 *Les Arrêtés de Protection de Biotope (APPB)*

L'objectif des arrêtés préfectoraux de protection de biotope est la préservation des habitats naturels nécessaires à la survie des espèces végétales et animales menacées. Cet arrêté est pris par le préfet au niveau départemental et fixe les mesures qui doivent permettre la conservation des biotopes.

C'est un outil de protection réglementaire de niveau départemental, dont la mise en œuvre est relativement souple. Il fait partie des espaces protégés relevant prioritairement de la Stratégie de Création d'Aires Protégées mise en place actuellement, et se classe en catégorie IV de l'IUCN en tant qu'aire de gestion. En effet, la plupart des arrêtés de protection de biotope font l'objet d'un suivi soit directement à travers un comité placé sous l'autorité du préfet, soit indirectement dans le cadre de dispositifs tels que Natura 2000 et par appropriation par les acteurs locaux.

Aucun APPB n'est recensé dans un rayon de 10 km autour des éoliennes.

IV.1.3 *Les réserves naturelles*

L'objectif d'une réserve naturelle est de protéger les milieux naturels exceptionnels, rares et/ou menacés en France. Les réserves naturelles peuvent être instaurées par l'État ou les régions. Toute action susceptible de nuire au développement de la flore ou de la faune, ou entraînant la dégradation des milieux naturels est interdite ou réglementée.

Aucune réserve naturelle régionale ou nationale n'est répertoriée dans un rayon de 10 km autour de la ZIP.

IV.1.4 Les parcs nationaux et les parcs naturels régionaux (PNR)

Ces deux types de parcs ont des réglementations et des finalités différentes. En effet, institués par la loi du 22 juillet 1960, les sept parcs nationaux ont pour but de protéger des milieux naturels de grande qualité. Leurs zones cœur constituant des « sanctuaires ».

Le PNR a quant à lui pour objectif de permettre un développement durable dans des zones au patrimoine naturel et culturel riche, mais fragile.

Aucun parc naturel régional ou national n'est répertorié dans un rayon de 10 km autour de la ZIP.

IV.1.5 Les zonages d'inventaires : ZNIEFF

L'inventaire des Zones Naturelles d'Intérêt Écologique, Faunistique ou Floristique (ZNIEFF) repose sur la richesse des milieux naturels ou la présence d'espèces floristiques ou faunistiques rares ou menacées.

On distingue : les ZNIEFF de type I, qui sont des secteurs limités géographiquement ayant une valeur biologique importante ; et les ZNIEFF de type II, qui regroupent de grands ensembles plus vastes. Ces zones révèlent la richesse d'un milieu. Si le zonage en lui-même ne constitue pas une contrainte juridique susceptible d'interdire un aménagement en son sein, il implique sa prise en compte et des études spécialisées naturalistes systématiques d'autant plus approfondies si le projet concerne une ZNIEFF I.

Aucun site ZNIEFF n'est recensé dans un rayon de 10 km autour des éoliennes.

IV.2 Schéma Régional Eolien de la région Bretagne

Le schéma régional éolien breton a été arrêté par le préfet de région le 28 septembre 2012, puis annulé par un jugement du Tribunal Administratif de Rennes du 23 octobre 2015.

Toutefois, il reste un guide pour l'élaboration des projets de zones de développement de l'éolien et des parcs terrestres.

Ce rapport rappelle l'importance de la prise en compte des zones naturelles classées, des données des atlas et des suivis complémentaires sur sites pour mettre en évidence les potentiels enjeux écologiques en présence sur et autour de la zone du projet.

IV.3 Continuités écologiques

IV.3.1 Définition

La définition donnée par l'Institut de Recherche pour le Développement des équilibres biologiques est la suivante : « La notion d'équilibres biologiques signifie que toute espèce animale ou végétale, du fait même qu'elle naît, se nourrit, se développe et se multiplie, limite dans un milieu donné les populations d'une ou plusieurs autres espèces.

Cette limitation naturelle (...) dépend directement ou indirectement des facteurs physiques et chimiques du milieu, comme la température, les pluies d'une région, le degré hygrométrique de l'air, la salinité d'une eau, la composition ou l'acidité d'un sol ; elle dépend aussi de facteurs biologiques, comme la concurrence entre des espèces différentes, pour la même nourriture, la même place, le même abri. Elle dépend enfin des ennemis naturels de chaque espèce, que ce soient des parasites, des prédateurs ou des organismes pathogènes déclenchant des maladies. »

Il s'agit donc en résumé du fonctionnement « naturel » d'un écosystème, dont les différents composants interagissent entre eux pour tendre vers l'équilibre.

Or, de manière générale, l'influence de l'homme sur cet écosystème peut déstabiliser cet équilibre : urbanisation des milieux naturels, intensification de l'agriculture au détriment de la conservation des habitats naturels (haies, bosquets, prairies permanentes ...) et des espèces (utilisation abusive de produits phytosanitaires...), introduction d'espèces invasives, fragmentation du milieu rendant difficiles les déplacements d'individus... Les équilibres biologiques sont donc parfois devenus à ce jour très fragiles.

Sur le secteur d'étude, ces équilibres sont principalement « portés » par les espaces naturels réservés restants : prairies permanentes, boisements naturels, zones humides...

IV.3.2 Aspects légaux

Les continuités écologiques, qui participent aux équilibres biologiques d'un territoire, sont quant à elles définies à l'article L.371-1 du Code de l'Environnement de la manière suivante :

Composante verte :

- 1° Tout ou partie des espaces protégés au titre du présent livre et du titre Ier du livre IV* ainsi que les espaces naturels importants pour la préservation de la biodiversité ;
- 2° Les corridors écologiques constitués des espaces naturels ou semi-naturels ainsi que des formations végétales linéaires ou ponctuelles, permettant de relier les espaces mentionnés au 1° ;
- 3° Les surfaces mentionnées au I de l'article L. 211-14**.

* Les livres III et IV du code de l'environnement recouvrent notamment les parcs nationaux, les réserves naturelles, les parcs naturels régionaux, les sites Natura 2000, les sites inscrits et classés, les espaces couverts par un arrêté préfectoral de conservation d'un biotope...

** Il s'agit des secteurs le long de certains cours d'eau, sections de cours d'eau et plans d'eau de plus de dix hectares, l'exploitant ou, à défaut, l'occupant ou le propriétaire de la parcelle riveraine est tenu de mettre en place et de maintenir une couverture végétale permanente (appelées communément « Bandes enherbées »)

Composante bleue :

- 1° Les cours d'eau, parties de cours d'eau ou canaux figurant sur les listes établies en application de l'article L. 214-17* ;

2° Tout ou partie des zones humides dont la préservation ou la remise en bon état contribue à la réalisation des objectifs visés au IV de l'article L. 212-1**, et notamment les zones humides mentionnées à l'article L. 211-3 ***;

3° Les cours d'eau, parties de cours d'eau, canaux et zones humides importantes pour la préservation de la biodiversité et non visées aux 1° ou 2° du présent III.

* Cela concerne les cours d'eau, parties de cours d'eau ou canaux ayant de fortes fonctionnalités écologiques et désignées par le préfet de bassin sur deux listes : ceux qui sont en très bon état écologique ou identifié par les SDAGE comme réservoirs biologiques ou d'intérêt pour le maintien, l'atteinte du bon état écologique/la migration des poissons-amphihalin (liste 1), et de ceux dans lesquels il est nécessaire d'assurer le transport suffisant des sédiments et la circulation des poissons (liste 2).

** Objectifs de préservation ou de remise en bon état écologique/chimique et de bonne gestion quantitative des eaux de surfaces et souterraines

***Zones dites " zones humides d'intérêt environnemental particulier " dont le maintien ou la restauration présente un intérêt pour la gestion intégrée du bassin versant, ou une valeur touristique, écologique, paysagère ou cynégétique particulière et qui sont définies par les SDAGE ou SAGE.

IV.3.3 La trame verte et bleue

D'une manière générale, elles sont regroupées sous la notion de Trame Verte et Bleue (TVB) qui peut se définir comme une infrastructure naturelle, maillage d'espaces et milieux naturels, permettant le maintien d'une continuité écologique sur le territoire et ainsi le déplacement des individus. Ce réseau s'articule souvent autour de deux éléments majeurs (COMOP TVB) :

Réservoirs de biodiversité : « espaces dans lesquels la biodiversité, rare ou commune, menacée ou non menacée, est la plus riche ou la mieux représentée, où les espèces peuvent effectuer tout ou partie de leur cycle de vie (alimentation, reproduction, repos) et où les habitats naturels peuvent assurer leur fonctionnement, en ayant notamment une taille suffisante. Ce sont des espaces pouvant abriter des noyaux de populations d'espèces à partir desquels les individus se dispersent, ou susceptibles de permettre l'accueil de nouvelles populations. »

Corridors écologiques : « voie de déplacement empruntée par la faune et la flore, qui relie les réservoirs de biodiversité. Cette liaison fonctionnelle entre écosystèmes ou habitats d'une espèce permet sa dispersion et sa migration. On les classe généralement en trois types principaux : structures linéaires (soit des haies, chemins et bords de chemins, ripisylves...) ; structures en « pas japonais » (soit une ponctuation d'espaces relais ou d'îlots refuges, mares, bosquets...) ; matrices paysagères (soit un type de milieu paysager, artificialisé, agricole...) »

La prise en compte de ces différentes composantes permet d'évaluer les réseaux fonctionnels à l'échelle d'un territoire, qui assurent les transferts d'énergies/matières entre les éléments de l'écosystème et contribuent ainsi au maintien de son équilibre biologique.

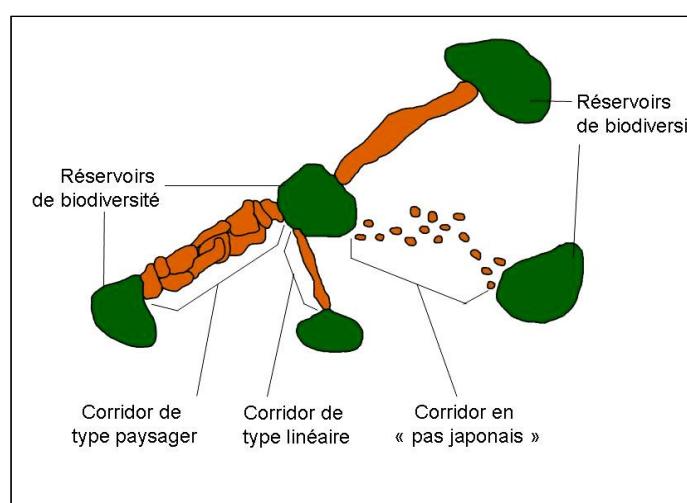


Figure 13 : Éléments de la Trame Verte et Bleue

Source : CEMAGREF, d'après Bennett 1991

IV.3.4 Le SRCE de la région Bretagne

Ces notions sont reprises dans un « Schéma Régional de Cohérence Ecologique » (SRCE) puis doivent être déclinées dans les documents d'urbanisme : Schéma de Cohérence Territoriale (SCoT), Plan Local d'Urbanisme (PLU).

L'État et la Région Bretagne ont engagé l'élaboration du Schéma Régional de Cohérence Écologique (SRCE), qui a été adopté le 2 novembre 2015.

À plus petite échelle, le SRCE a défini de Grands Ensembles de Perméabilité :

« Ces « grands ensembles de perméabilité » correspondent à des territoires présentant, chacun, une homogénéité (perceptible dans une dimension régionale) au regard des possibilités de connexions entre milieux naturels, ou avec

une formulation simplifiée une homogénéité de perméabilité. D'où l'appellation « grands ensembles de perméabilité » ».

Le projet est inclus en partie dans deux grands ensembles de perméabilité :

- n°20 : Les bassins de Loudéac et de Pontivy.



Figure 14 : Présentation du grand ensemble de perméabilité n°20

Source : SRCE Bretagne 2015

- n°21 : Du plateau de Plumélec aux collines de Guichen et Laillé

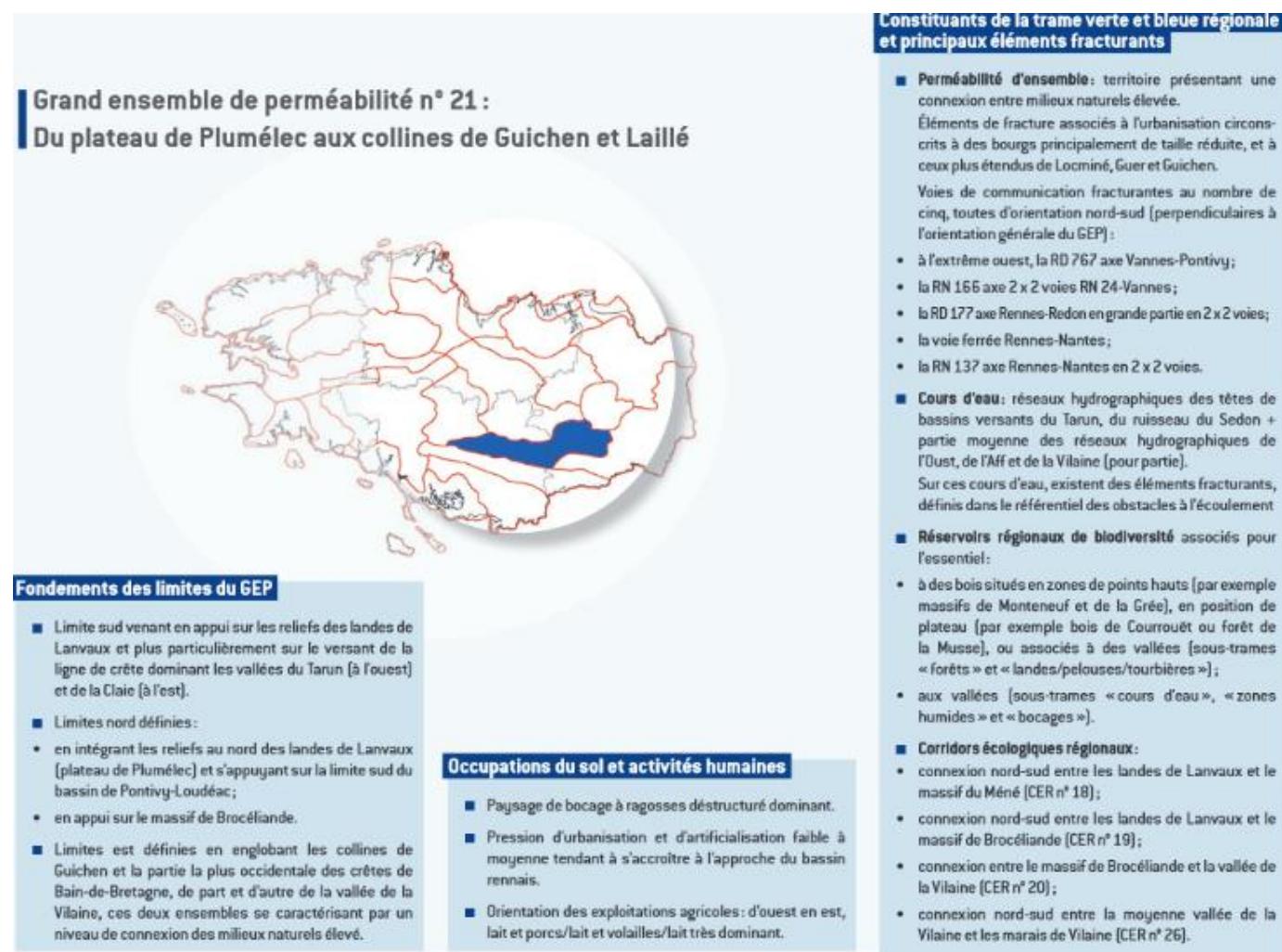


Figure 15 : Présentation du grand ensemble de perméabilité n°21

Source : SRCE Bretagne 2015

Les informations disponibles actuellement permettent d'avoir d'ores et déjà des éléments concernant les continuités écologiques au niveau du projet.

Le grand ensemble de perméabilité principal dans la zone d'étude qui est le « n°20 : Les bassins de Loudéac et de Pontivy » disposent d'une perméabilité très faible. Au sud de l'aire d'étude le second, grand ensemble de perméabilité dispose d'une perméabilité forte entre les milieux naturels.

La grande partie de l'aire d'étude dispose donc d'une connexion entre milieux naturels faibles et aucun corridor écologique n'est présent dans l'aire d'étude.

Bilan

Les alentours des éoliennes présentent une très faible connexion entre les milieux. Le flux d'individus y est donc potentiellement réduit.

Bilan des zones naturelles

Aucun site naturel classé n'est identifié dans l'aire d'étude éloignée. Le SRCE ne met en évidence aucun enjeu lié à une connectivité écologique. De ce fait, l'attrait de l'aire d'étude pour la faune volante semble faible.

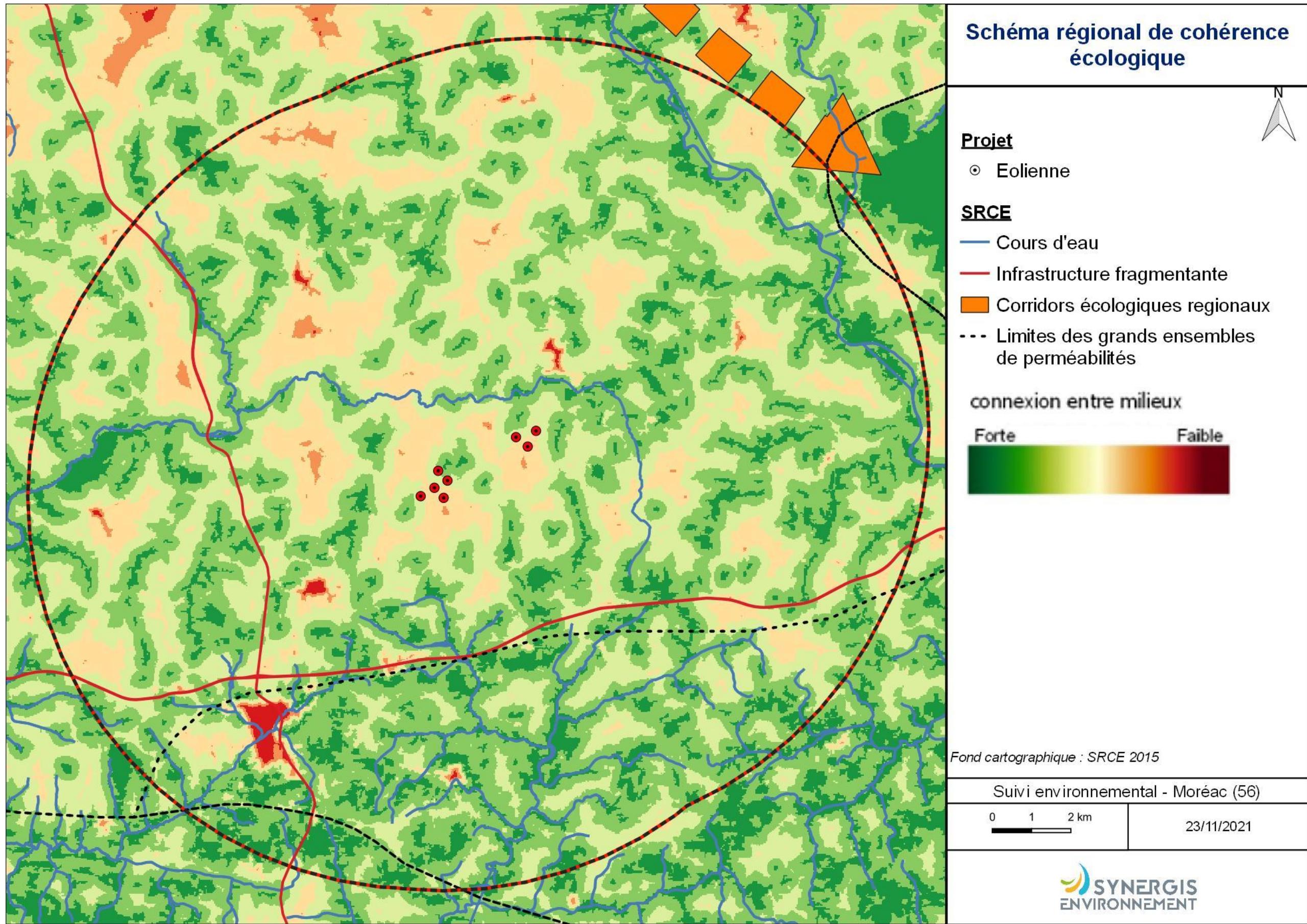


Figure 16 : Schéma régional de cohérence écologique de Bretagne (2015)

IV.4 Contexte paysager

Le site de Moréac se trouve dans un contexte agricole intensif, composé de nombreux champs cultivés et quelques prairies. Le regroupement au nord-ouest de 3 éoliennes (E3, E7 et E8) est entouré principalement de champs cultivés et de très peu d'éléments paysagés semi-naturels. Il est toutefois à noter la présence d'un corridor écologique (ligne de haies dense et de boisements) à l'est et à l'ouest d'où des individus de la faune volante peuvent disperser en direction des éoliennes E8 et E7 grâce aux reliquats de haies persistants.

Au niveau et entre les éoliennes (E1, E2, E3, E4 et E5) regroupées au sud-est du parc un réseau de haies plus denses que pour les trois autres éoliennes est à noter. L'ensemble des haies et les connexions avec des boisements forment des corridors écologiques que la faune volante peut emprunter. Des haies denses passent à proximité immédiate de trois des éoliennes (E1, E3 et E5). Il est à noter la présence d'un bâtiment aménagé pour accueillir les chiroptères à 175 m de l'éolienne E4.



Figure 17 : A gauche : vu de l'éolienne E5 ; à droite : vu depuis l'éolienne E2



Figure 18 : Vu depuis l'éolienne E6

Le Groupe Mammalogique Breton a identifié une trame des continuités pour les chauves-souris en Bretagne. Cette trame à l'échelle de l'aire d'étude éloignée ne met pas en évidence de continuité sur la zone. La carte des sites d'intérêts pour les chiroptères ne montre pas d'enjeux proches de la commune de Moréac.

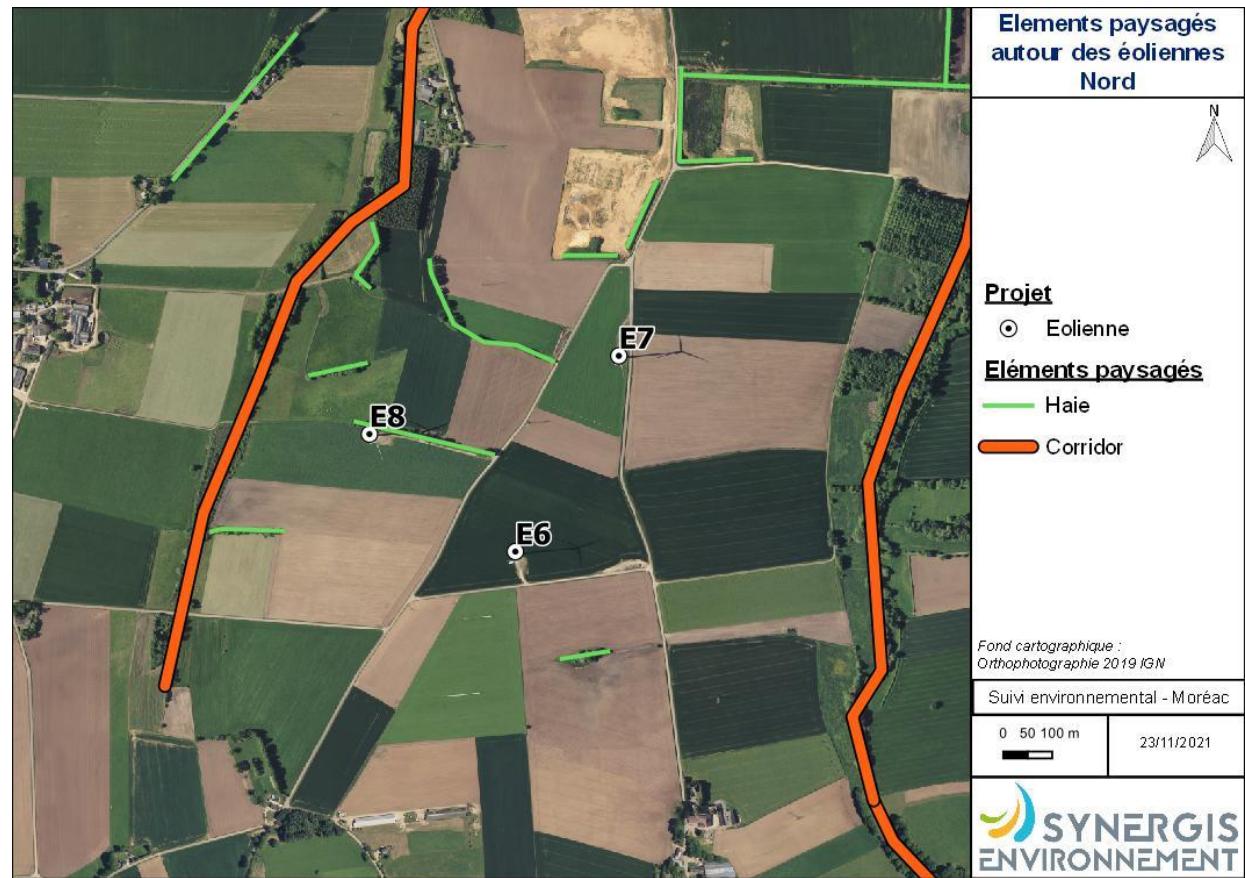


Figure 19 : Localisation des éléments paysagés autour des 3 éoliennes à l'est

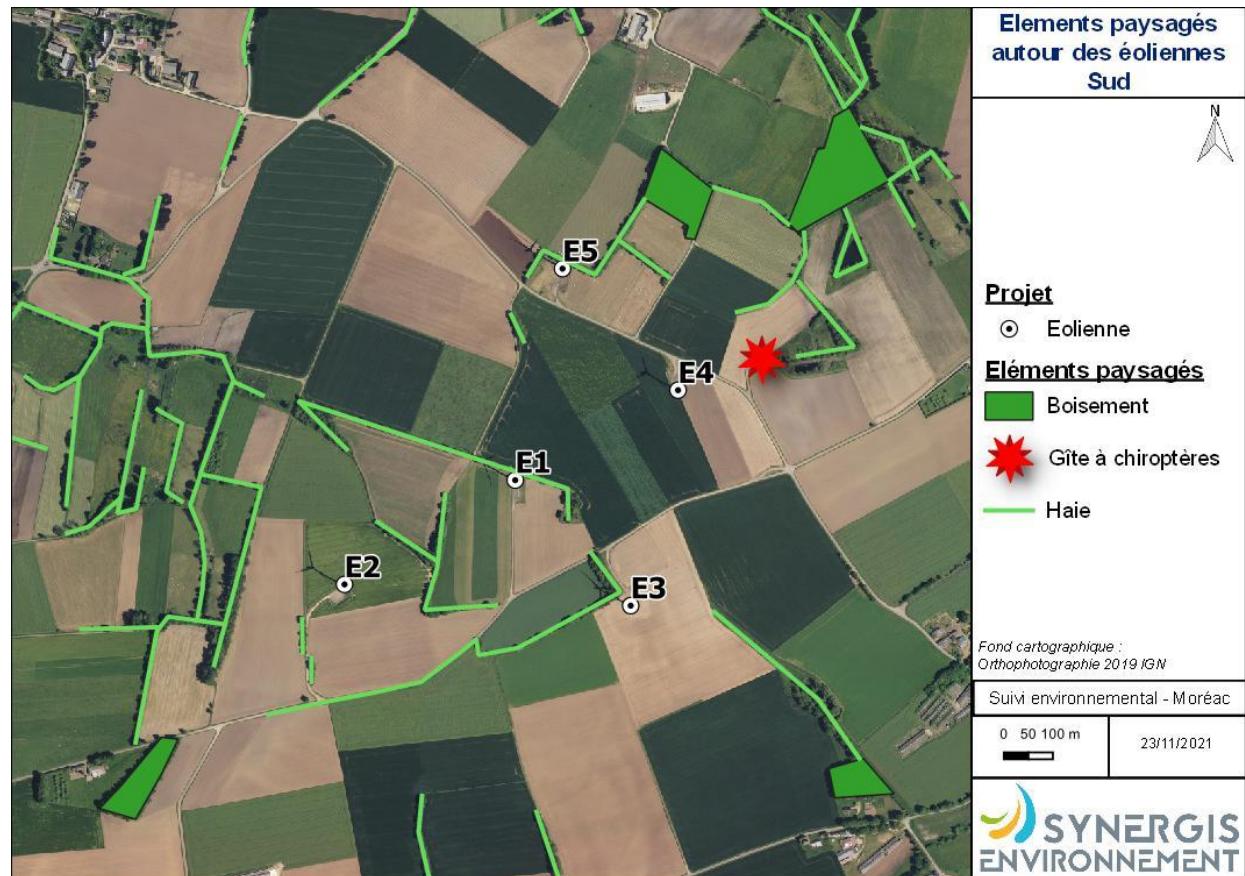


Figure 20 : Localisation des éléments paysagés autour des 5 éoliennes de l'ouest

Bilan contexte paysager

Le parc éolien est scindé en deux parties, avec au nord-est un contexte caractéristique des plaines de cultures intensives peu favorables à la faune volante en général. Au sud-ouest le regroupement d'éoliennes présente un potentiel d'attrait modéré pour la faune volante par la présence d'un réseau de haies développé et d'un gîte anthropique à chiroptère.

Bilan des zones naturelles et du contexte paysager

À l'échelle de l'aire d'étude éloignée, la zone semble peu accueillante pour la faune volante. À l'échelle du parc éolien et plus précisément à l'échelle du regroupement d'éoliennes au sud-ouest, un réseau de haies assez dense et la présence d'un gîte anthropique à chiroptère mènent à un enjeu potentiel modéré pour l'avifaune à modéré fort pour les chiroptères.

La figure suivante illustre la valeur moyenne des continuités écologiques de 6 espèces de chauves-souris en Bretagne continentale. Ces valeurs, distribuées de 1 à 100 dans cette trame diffuse, synthétisent la qualité et la quantité des connexions possibles entre les coeurs d'habitats de différentes espèces sensibles de chiroptères (grand et petit rhinolophes, murins de Bechstein et de Daubenton, barbastelle d'Europe et sérotine commune).

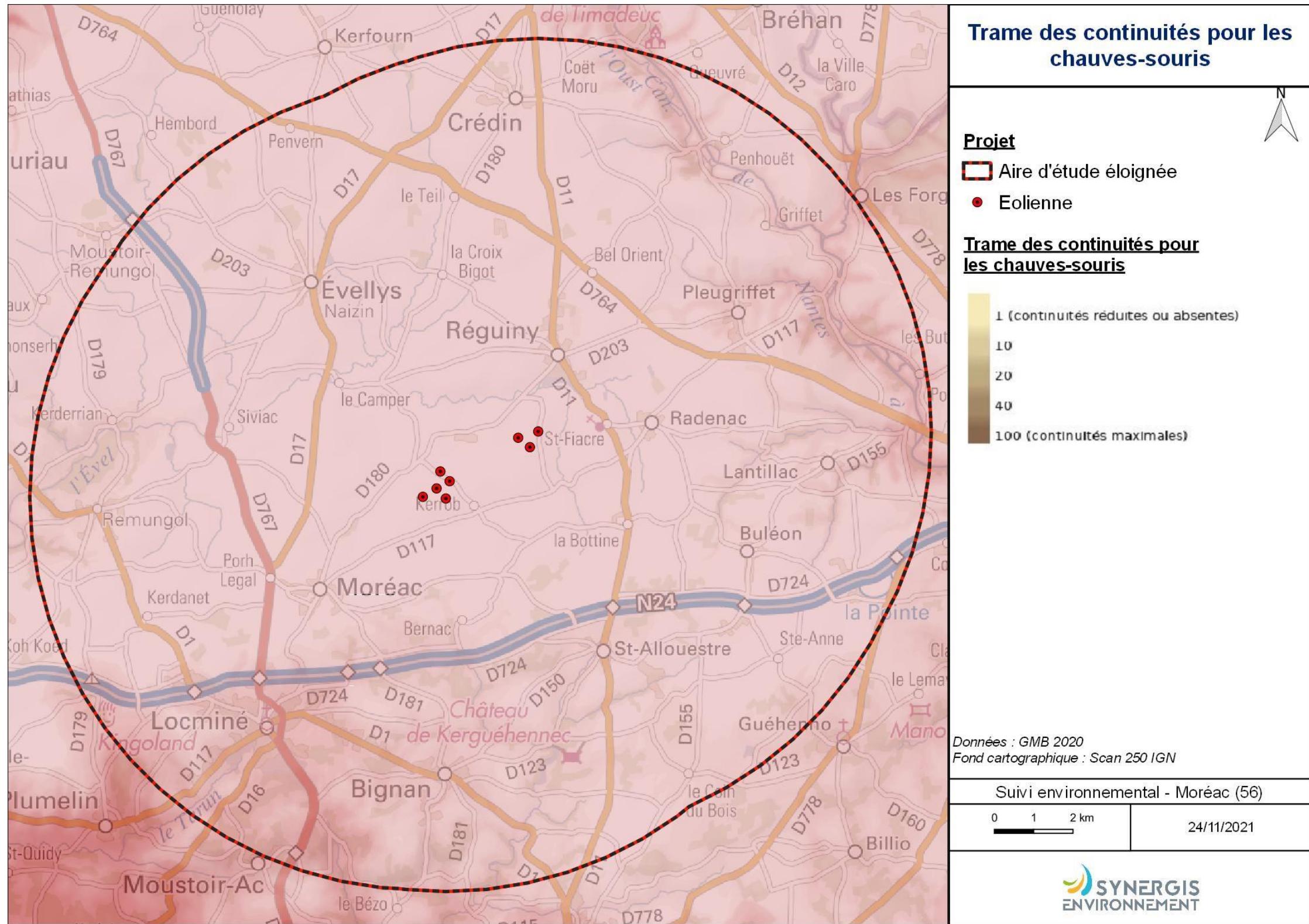


Figure 21 : Valeur moyenne des continuités écologiques de 6 espèces de chauves-souris en Bretagne continentale

Source : Groupe Mammalogique Breton 2020.

La figure suivante illustre les sites prioritaires des chauves-souris en Bretagne et domaines vitaux associés selon la méthodologie de hiérarchisation des gîtes basée sur le Plan National d'Action Chiroptère.

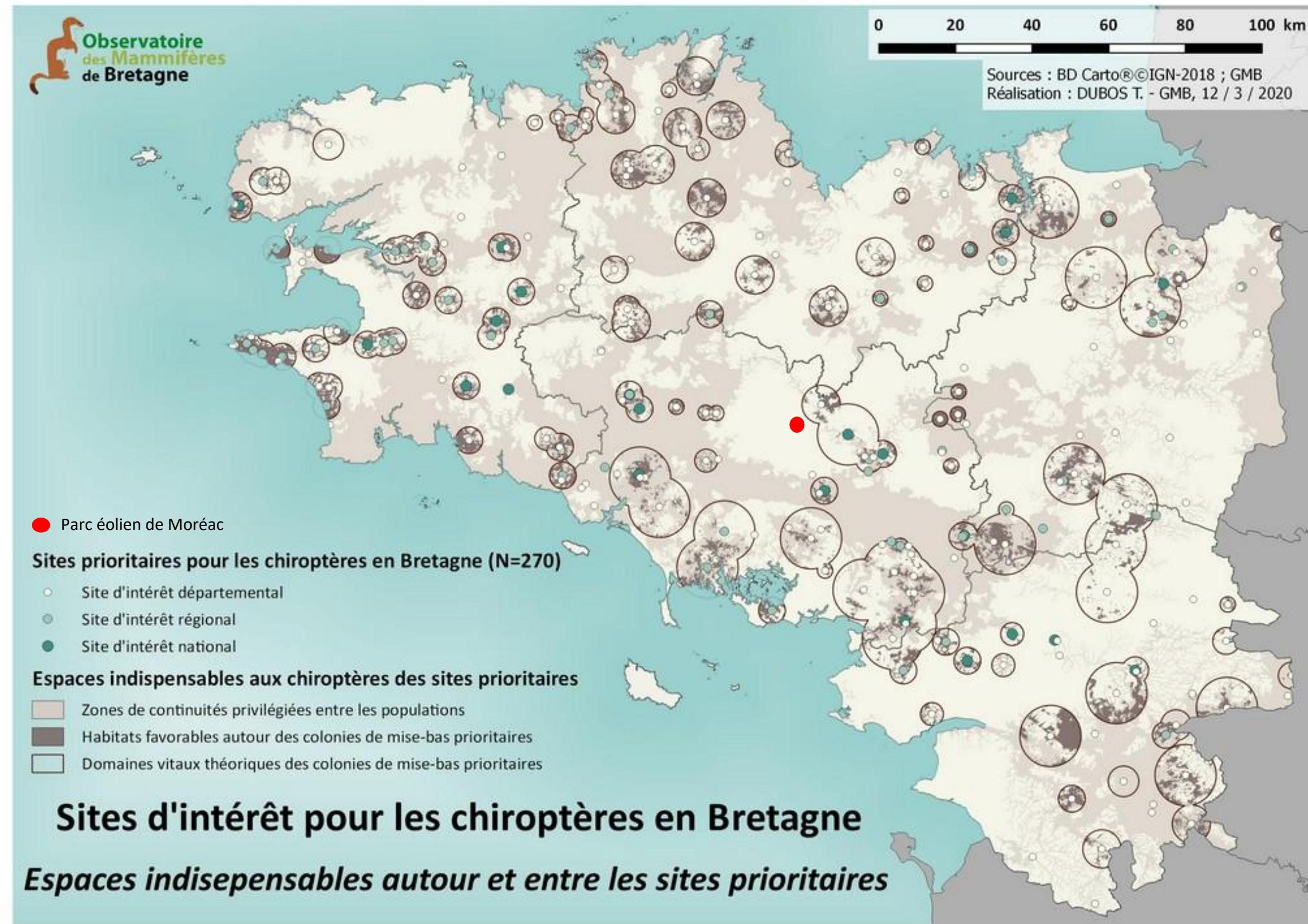


Figure 22 : Sites prioritaires des chauves-souris en Bretagne et domaines vitaux associés

Source : GMB, Observatoire des Mammifères de Bretagne

V. ECOUTES EN NACELLE

V.1 Historique du parc

Les premiers éléments bibliographiques relatifs à l'étude des chiroptères sont issus du VNEI du projet réalisé en 2005 par AIRELE et en partie repris dans le suivi environnemental (en phase d'exploitation) réalisé en 2016 par Auddicé.

Trois sessions d'inventaires réalisées en juin, juillet et août 2005 ont permis de mettre en évidence la présence des 6 espèces suivantes : la Pipistrelle commune, la Pipistrelle de Natusius, la Sérotine commune, le Grand Murin, le Murin de Daubenton et la Barbastelle d'Europe.

Au cours de l'étude chiroptérologique réalisée dans le cadre du suivi environnemental de 2016 par Auddicé, les espèces contactées sont les suivantes : la Pipistrelle commune, la Pipistrelle de Kuhl, la Sérotine commune, le Murin de Natterer et la Barbastelle d'Europe.

Bien que le nombre de sessions d'inventaires soit plus élevé en 2016 qu'en 2005, le Grand Murin, le Murin de Daubenton et la Pipistrelle de Natusius n'ont pas été contactés.

Le rapport de suivi conclut de la manière suivante : [...] en analysant les différences d'échantillonnage entre les parcelles proches du parc éolien et les parcelles les plus éloignées, il est possible de constater que l'activité chiroptérologique et la diversité spécifique sont relativement similaires en présence ou en absence de machine. Par conséquent, au sein de ce territoire, le parc éolien n'a pas eu d'incidence sur les populations de chauves-souris et leur fréquentation de l'espace. En effet, les habitats présents n'ont pas subi de modification notable entre 2005 et aujourd'hui. De ce fait, les lisières de boisements, les alignements d'arbres et les bandes boisées restent les secteurs les plus intéressants pour ces espèces. Les éoliennes de Moréac ont été installées au sein des parcelles agricoles de culture intensive qui présente un intérêt moindre pour les chauves-souris. En conclusion, le parc éolien de Moréac n'a pas eu d'incidence sur le comportement des chauves-souris.

De plus, les aménagements au niveau du poste de livraison, dans les combles, semblent porter leurs fruits puisque du guano est constaté sous les gîtes artificiels. Les quantités restent insuffisantes pour la présence d'une colonie. Néanmoins, cela confirme l'utilisation des aménagements entrepris.

V.2 Résultats des écoutes en nacelle

Pour la première fois depuis la mise en service du parc éolien, un suivi de l'activité chiroptérologique est réalisé. Le dispositif d'écoute en nacelle a été réalisé en 2021 de la semaine 20 à la semaine 43. Les résultats enregistrés lors de la saison d'écoute sont synthétisés dans le tableau suivant.

Tableau 14 : Nombre de contacts bruts par espèce

Date d'enregistrement	Durée d'enregistrement (H)	Mois	Espèces						Groupes	Nombre de contacts bruts total
			Pp	Pk	Pn	Es	Nn	NI		
17/05/2021 au 31/05/2021	126,90	Mai								
01/06/2021 au 30/06/2021	240,42	Juin	58	23	41					122
01/07/2021 au 31/07/2021	260,87	Juillet	64	23	9			2		98
01/08/2021 au 31/08/2021	302,30	Août	204	20	25	2		20	3	274
01/09/2021 au 30/09/2021	343,03	Septembre	303	47	20	1	1	26	2	400
01/10/2021 au 31/10/2021	408,38	Octobre	20	21		1				42

Légende :

Pp : Pipistrelle commune

Nn : Noctule commune

Sérotule : Sérotine commune / Noctule commune / Noctule de Leisler

Pk : Pipistrelle de Kuhl

NI : Noctule de Leisler

Pn : Pipistrelle de Natusius

Es : Sérotine commune

V.2.1 Observations globales

Le suivi en nacelle (année 2021) a permis d'enregistrer 936 contacts. Sur la durée totale d'enregistrement, l'activité moyenne brute est de 0,09 contact par heure, ce qui est très faible.

V.2.2 Richesse spécifique

Six espèces de chauves-souris sont identifiées ainsi qu'un groupe dont les espèces n'ont pas pu être déterminées avec certitude dont :

- 5 présentent une forte sensibilité au risque éolien
- 1 présente une sensibilité modérée.

Tableau 15 : Espèces inventoriées en nacelle

Abréviation	Nom Varnaculaire	Nom Scientifique	Nombre de Mois de Présence
Pp	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	5
Pk	Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	5
Pn	Pipistrelle de Natusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	4
Es	Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>	3
Nn	Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	1
NI	Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	3
Sérotule	Sérotine commune / Noctule commune / Noctule de Leisler	<i>Eptesicus serotinus / Nyctalus noctula / Nyctalus leisleri</i>	2

Aucun contact n'a été enregistré durant la dernière quinzaine du mois de mai. Sur les mois suivants, seules les pipistrelles communes et de Kuhl sont contactées chaque mois. La pipistrelle de Natusius n'a pas été contactée au mois d'octobre. La sérotine commune n'est apparue qu'à partir du mois d'août. La noctule de Leisler a été contactée entre juillet et septembre. La noctule commune n'a été identifiée de façon certaine qu'au mois de septembre, sa présence est donc anecdotique. Des contacts indéterminés du groupe « sérotules » sont présents en août et septembre.

V.2.3 Activité

Le niveau d'activité est calculé à l'aide du coefficient de détectabilité puis évalué selon les seuils d'activité (de très faible à très fort) en Bretagne, comme présenté dans la méthodologie.

L'intégralité des contacts a été prise en compte lors de l'analyse. Pour introduire l'activité des individus indéterminés du groupe des « sérotules », le coefficient de l'espèce potentielle la plus à enjeux a été utilisé.

Tableau 16 : Niveau d'activité par espèce

Abréviation	Nom Vernaculaire	Nom Scientifique	Activité (Cts Ajustés /H)	Niveau d'activité
Pp	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	0,35	Faible
Pk	Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	0,07	Très faible
Pn	Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	0,06	Faible
Es	Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>	0,001	Très faible
Nn	Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	0,0001	Très faible
NI	Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	0,01	Très faible
Sérotule	Sérotine commune / Noctule commune / Noctule de Leisler	<i>Eptesicus serotinus / Nyctalus noctula / Nyctalus leisleri</i>	0,001	Très faible

Bien que leur activité respective soit faible, la pipistrelle commune et la pipistrelle de Nathusius sont les plus actives à hauteur de nacelle sur la saison d'écoute. Ce sont des espèces particulièrement impactées par les éoliennes. Le reste des espèces identifiées a une activité globale très faible.

Tableau 17 : Niveau d'activité ajusté par espèce et par mois

Mois	Espèces						Groupes	Nombre total de Contacts Ajustés / Heure	Niveau d'activité
	Pp	Pk	Pn	Es	Nn	NI			
Mai									Très faible
Juin	0,24	0,10	0,17					0,51	Faible
Juillet	0,25	0,09	0,03			0,002		0,37	Très faible
Août	0,67	0,07	0,08	0,004		0,02	0,004	0,85	Faible
Septembre	0,88	0,14	0,06	0,002	0,001	0,02	0,002	1,11	Moyen
Octobre	0,05	0,05		0,002				0,10	Très faible

Si l'on regarde l'activité des espèces mois par mois, il en ressort que :

- La pipistrelle commune a une faible activité en juin et juillet, une activité modérée d'août à septembre puis une très faible activité en octobre.
- La pipistrelle de Kuhl a une faible activité en juin, juillet et septembre, et une très faible activité en août et octobre.
- La pipistrelle de Nathusius a une forte activité au mois de juin, puis faible en juillet, modérée en août et de nouveau faible en septembre. Elle n'est pas contactée en octobre. En juin, cette activité peut s'expliquer par l'arrivée sur site des femelles pour former les colonies d'élevage des jeunes. Par la suite, il est possible que les individus chassent plus près du sol et ne soient pas captés à hauteur de nacelle.
- La sérotine commune a une très faible activité sur l'ensemble de ses mois de présence, d'août à octobre.
- La noctule commune, contactée seulement au mois de septembre, a une très faible activité. Le mois de septembre correspond à la période de migration des femelles.
- La noctule de Leisler a une très faible activité au mois de juillet puis une faible activité en août et septembre.

V.2.4 Répartition temporelle des contacts

C'est au mois de septembre que la plus grande richesse spécifique est notée (6 espèces) et que l'activité cumulée est la plus importante (>40 %). Celle-ci est modérée. Le mois de septembre correspond à la période de dissolution des colonies de parturition, à la migration de certaines espèces (pipistrelle de Nathusius et noctule commune) et à la forte activité de chasse liée à la préparation de l'hiver et de la reproduction. Par conséquent, il est logique que l'activité et la richesse spécifique soient les « plus fortes » durant ce mois. L'activité est faible en juin et en août puis très faible en juillet et octobre. Pour rappel, aucun contact n'a été enregistré au mois de mai.

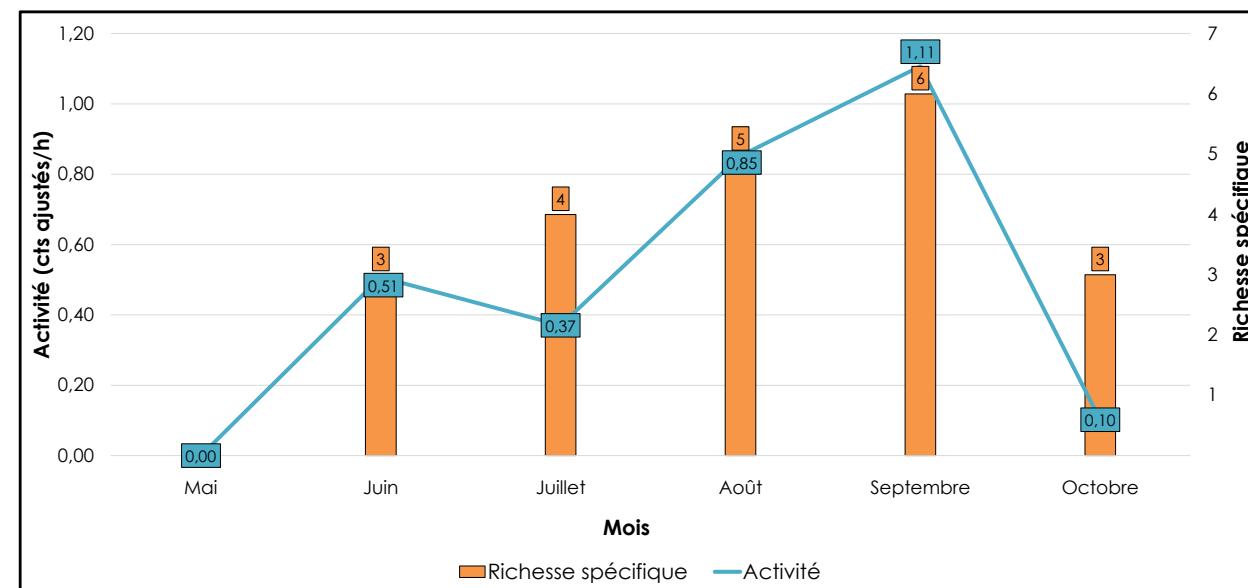


Figure 23 : Activité et richesse spécifique au cours de la saison

Par rapport à ces deux variables, on peut conclure que l'intérêt chiroptérologique est fort pour la période de transit automnal.

V.2.5 Analyse des conditions météorologiques et temporelles

V.2.5.1 Activité des chiroptères au cours de la nuit

D'une manière générale, les enregistrements démarrent 30 minutes avant le coucher de soleil et se terminent 30 minutes après le lever de soleil. Le graphique ci-dessous montre l'évolution de l'activité chiroptérologique au cours de la nuit.

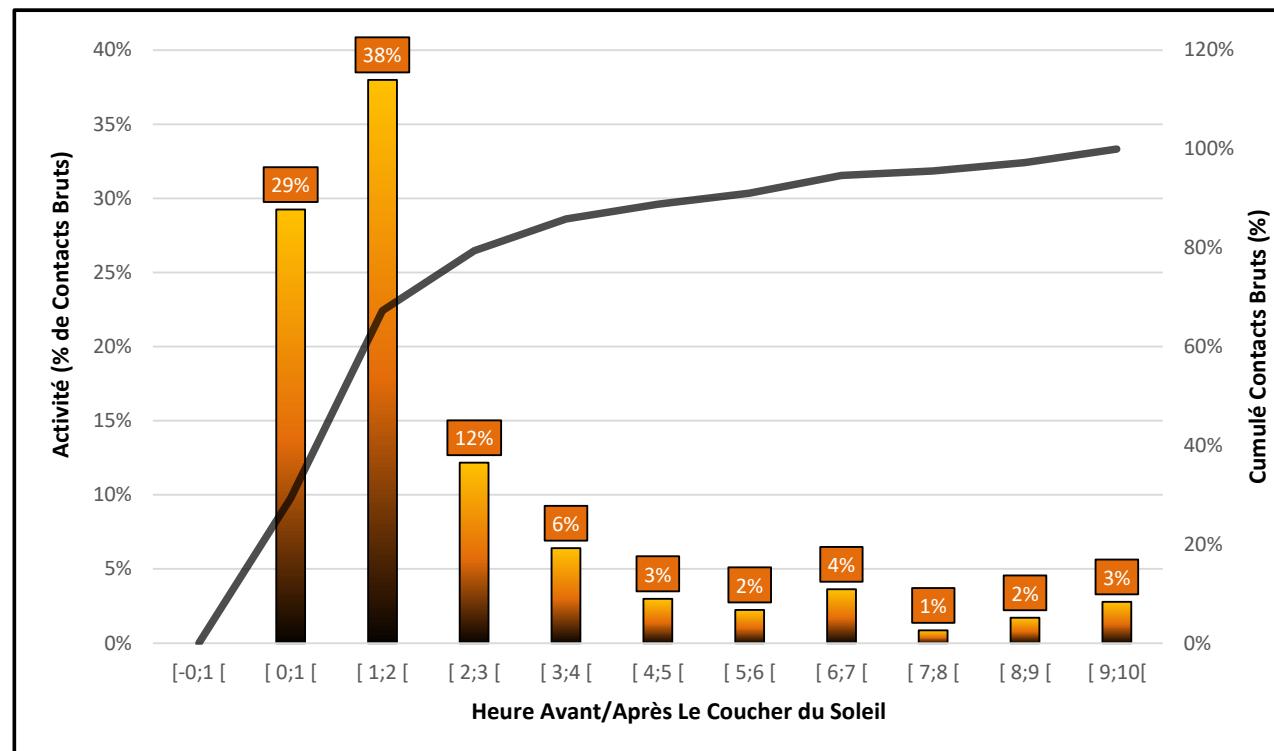


Figure 24 : Activité des chiroptères au cours de la nuit

La durée de la nuit étant variable d'une saison à l'autre, cela explique le faible nombre de contacts obtenus dans les dernières tranches de la nuit. Cependant, on note que 67 % de l'activité se concentre sur les 2 premières heures de la nuit, et particulièrement entre 1 et 2 heures après le coucher de soleil. 85 % de l'activité globale est concentrée sur les 4 premières heures de la nuit. Bien que cela diffère en fonction des espèces, la majorité des chauves-souris chassent le plus activement en début de nuit. Le très léger pic d'activité entre la 6^e et la 7^e heure de la nuit pourrait correspondre à la rentrée au gîte de certains individus.

V.2.5.2 Température et activité des chiroptères

La température est un facteur pouvant influencer l'activité des chiroptères. Le graphique suivant montre l'évolution de l'activité des chauves-souris en fonction de la température.

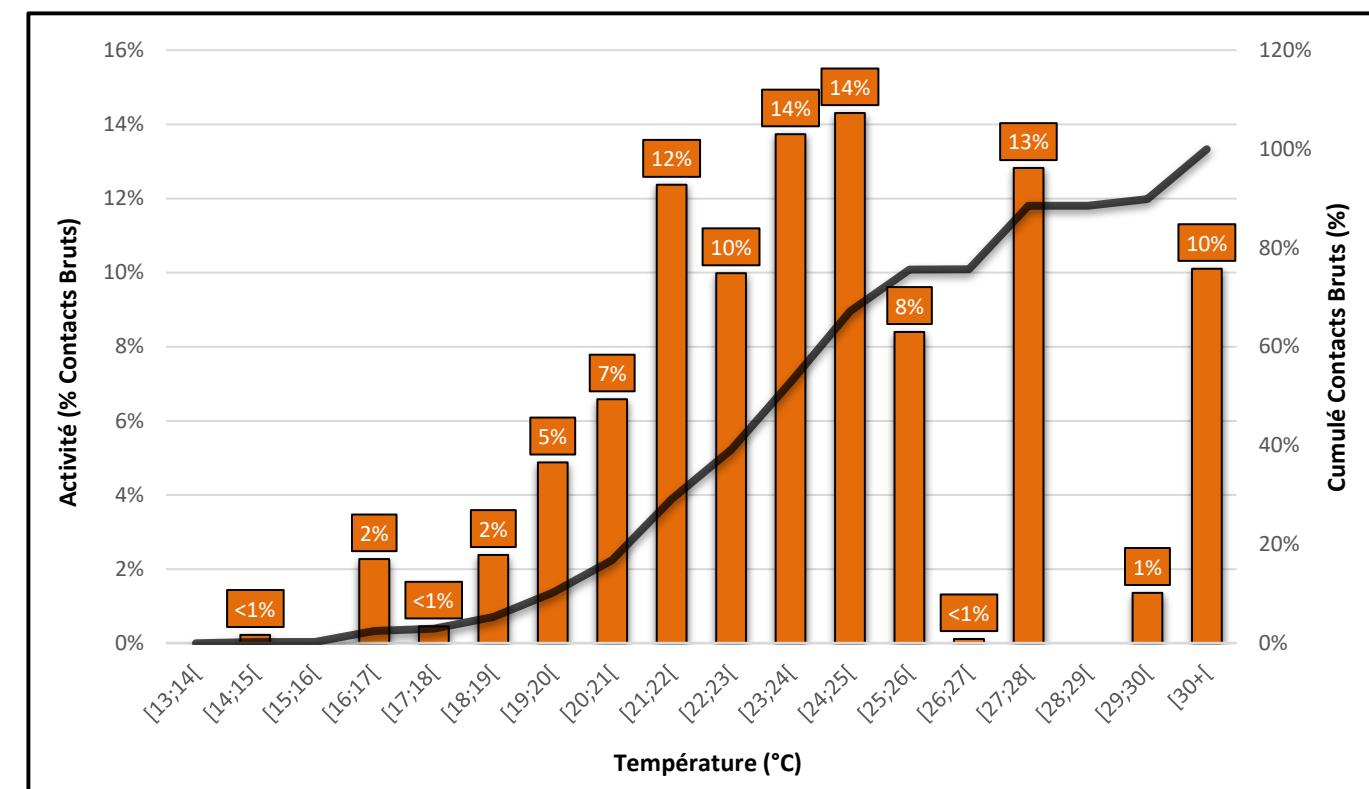


Figure 25 : Activité des chiroptères en fonction de la température

En 2021, les chauves-souris sont présentes à hauteur de pale à partir de 14 °C et jusqu'à +30 °C. L'activité se concentre principalement entre 21 et 25 °C (50 % de l'activité). Deux autres pics d'activités sont à noter, entre 27-28 °C et à plus de 30°C. L'activité enregistrée à des températures supérieures à 30 °C se concentre sur le début de nuit de 5 nuits d'enregistrement (3 nuits en juillet et deux en septembre). Environ 5 % de l'activité est notée à des températures comprises entre 14 et 19 °C. Ces résultats sont en cohérence avec la biologie des chiroptères et l'activité au cours de la nuit qui est concentrée au début de la nuit, aux horaires les plus chauds. Il faut néanmoins prendre du recul sur ces résultats et les mettre au regard de l'occurrence de ces tranches de températures durant les phases d'enregistrement.

V.2.5.3 Impact de la vitesse du vent sur l'activité des chiroptères

De même que pour la température, la vitesse du vent influence l'activité des chiroptères.

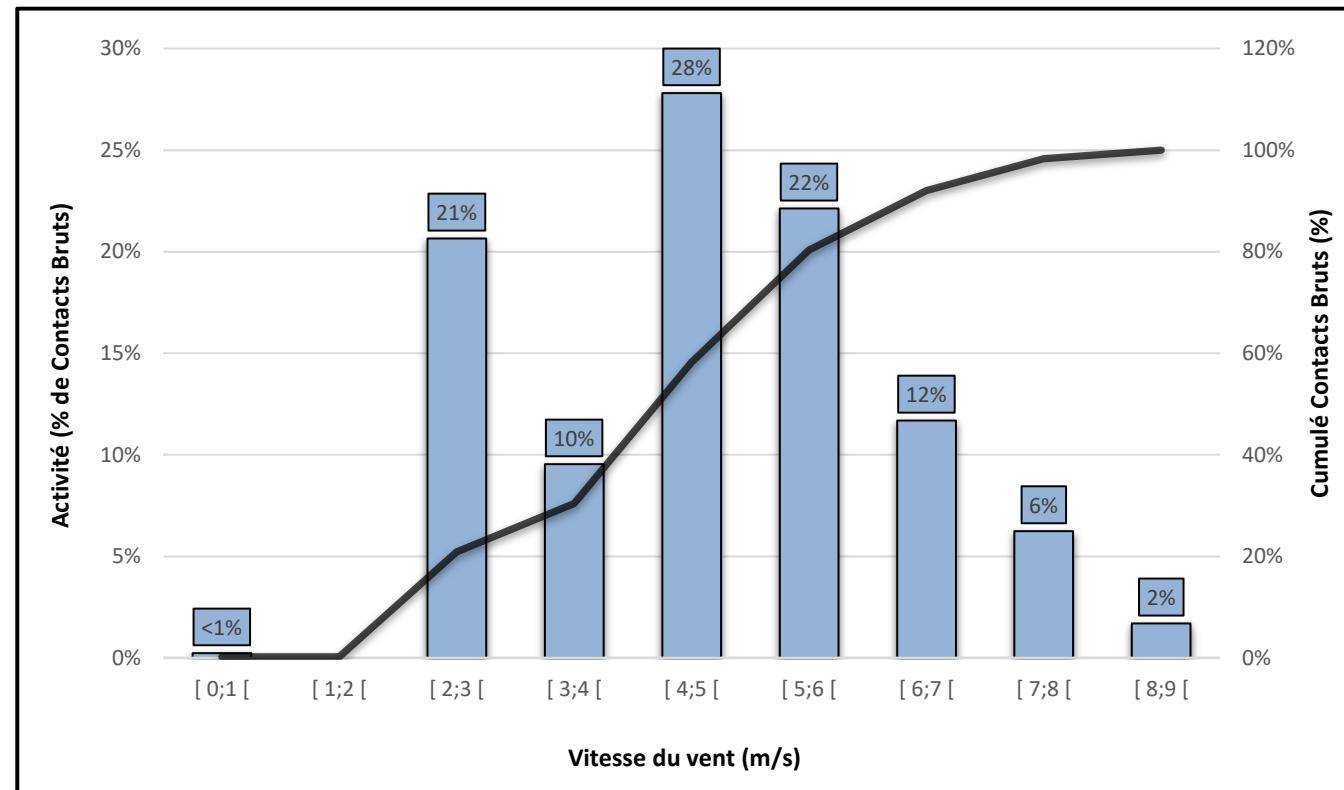


Figure 26 : Activité des chiroptères en fonction de la vitesse du vent

Les chiroptères sont actifs de 0 à 9 m/s. L'analyse de la vitesse du vent nous indique que l'activité chiroptérologique se concentre entre 2 et 8 m/s (98 %), avec un pic entre 4 et 5 m/s (28 %). Au-delà de 8 m/s, l'activité est très faible (2 %). Cela s'explique, car une vitesse de vent trop importante empêche les chiroptères de voler correctement et donc réduit leur capacité à capturer des proies. De plus, plus il y a de vent, et moins les insectes volent en altitude.

V.2.5.4 Précipitations et activité des chiroptères

Il n'a pas été possible d'analyser le niveau de précipitations en fonction de l'activité chiroptérologique. En effet, ces données ne nous ont pas été transmises par le client.

V.2.6 Évaluation du niveau de vulnérabilité face à l'éolien

Tout comme les oiseaux, les chauves-souris peuvent être impactées par l'éolien, mais ne présentent pas toutes la même vulnérabilité face à celui-ci.

Ainsi, un niveau de vulnérabilité pour chaque espèce est calculé en fonction de leur niveau d'enjeu et de sensibilité face aux éoliennes.



V.2.6.1 Niveau d'enjeu

Toutes les espèces de chauves-souris sont protégées en France, mais les statuts de protection et de conservation varient en fonction des espèces. L'enjeu patrimonial est apprécié sur la base de critère réglementaire et scientifique tel que :

- Les listes rouges UICN européennes, nationales et régionales (UICN France, MNHN, SFEPM & ONCFS, 2017 ; liste rouge régionale des mammifères de Bretagne, GMB, 2015)
- L'appartenance à un Plan Nationale d'Action (PNA)
- Le statut de protection nationale
- La responsabilité biologique régionale (Bretagne Environnement Gip et al., 2015)
- L'état régional de conservation (Bretagne Environnement Gip et al., 2018)
- L'appartenance à l'annexe I de la Directive Oiseaux ou l'appartenance à l'annexe II de la Directive Habitats

Ainsi, le cumul de ces différents critères permet d'obtenir les enjeux patrimoniaux suivants :

Tableau 18 : Echelle des enjeux patrimoniaux pour la faune et la flore

Très faible	Faible	Modéré	Fort	Très fort	Exceptionnel
-------------	--------	--------	------	-----------	--------------

De plus, certains critères ou combinaisons de critères permettent de pondérer l'enjeu patrimonial d'une espèce.

Par exemple, les espèces de chiroptères inscrites en annexe II de la Directive Habitats se verront attribuer un enjeu à minima « Modéré », indépendamment des autres critères.

Tableau 19 : Critères de seuil des enjeux patrimoniaux

Enjeu patrimonial	Directives européennes	Listes rouges UICN	Responsabilité biologique régionale
Enjeu au minimum « Modéré »	Annexe II de la Directive Habitats	Statut défavorable (VU, EN ou CR) en France ou en Bretagne	Responsabilité biologique régionale « Elevée »
Enjeu au minimum « Fort »	-	Statut défavorable (VU, EN ou CR) en Europe et France ou en France et Bretagne	Responsabilité biologique régionale « Très élevée »
Enjeu au minimum « Très fort »	-	-	Responsabilité biologique régionale « Majeure »

L'analyse des enregistrements effectués en nacelle (éolienne E8) met en évidence 6 espèces de chiroptères ayant fréquenté les environs sur la période de mi-mai à fin octobre.

Toutes les espèces de chauves-souris sont protégées en France, mais elles n'ont pas toutes le même enjeu patrimonial. Le tableau ci-dessous présente les espèces et leur statut (hiérarchisation selon le niveau d'enjeu patrimonial).

Tableau 20 : Statut de protection et de conservation des espèces inventoriées et leur niveau d'enjeux

Nom vernaculaire	Nom scientifique	LR Europe (2007)	LR France (2017)	LR Bretagne (2015)	Protection nationale	Responsabilité biologique	Directive habitat	Enjeu patrimonial
Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	LC	VU	NT	Article 2	Modéré	Annexe IV	Fort
Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	LC	NT	NT	Article 2	Modéré	Annexe IV	Fort
Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	LC	NT	NT	Article 2	Modéré	Annexe IV	Fort
Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	LC	LC	LC	Article 2	Modéré	Annexe IV	Faible
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	LC	NT	LC	Article 2	Mineure	Annexe IV	Faible
Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>	LC	NT	LC	Article 2	Mineure	Annexe IV	Faible

Liste rouge : LC : préoccupation mineure ; NT : quasi menacée ; VU : vulnérable

La noctule commune est classée en niveau d'enjeu patrimonial « fort » du fait de son statut « vulnérable » sur la liste nationale et « quasi-menacée » à l'échelle régionale.

La noctule de Leisler et la pipistrelle de Nathusius sont classées en enjeu patrimonial « fort », car classées comme « quasi-menacées » sur les listes rouges nationales et régionales.

Les autres espèces ont un enjeu patrimonial « faible », car elles sont en préoccupation mineure sur les listes rouges européennes et régionales.

Cet enjeu est par la suite modulé avec la sensibilité des espèces au risque éolien et à l'activité sur site. Cela permet de déterminer la vulnérabilité sur site de chaque espèce. Ainsi, le niveau d'activité de chaque espèce influence son réel enjeu sur le site. Ces variations dépendent du comportement des individus sur site (transit, chasse, cris

sociaux, colonie...), de la biologie de l'espèce, de son écologie, mais également des périodes et de l'habitat sur lequel l'individu est contacté. Il s'agit donc d'une expertise chiroptérologique propre à chaque espèce ne pouvant être calculée mathématiquement.

V.2.6.2 Niveau de sensibilité

Les chauves-souris n'ont pas toutes la même sensibilité face à l'éolien. Les espèces de haut vol et seront plus concernées par un risque de collision que les espèces de vol bas. Il en est de même pour les espèces pouvant effectuer de longues distances de déplacement.

Le niveau de sensibilité pour chaque espèce est estimé à partir de l'état des connaissances actuelles et du travail mené par Eurobats (RODRIGUES & al., 2014), qui, pour chaque groupe d'espèces, a déterminé un niveau de sensibilité.

Trois niveaux de risque ressortent pour les espèces présentes en France.

Tableau 21 - Niveau de risque de collision avec les éoliennes selon les espèces

Risque fort	Risque moyen	Risque faible	Inconnu
<i>Nyctalus spp.</i>	<i>Eptesicus spp.</i>	<i>Myotis spp.**</i>	<i>Roussetta aegytiacus</i>
<i>Pipistrellus spp.</i>	<i>Barbastella spp.</i>	<i>Plecotus spp.</i>	<i>Taphozous nudiventris</i>
<i>Vesperilio murinus</i>	<i>Myotis dasycneme*</i>	<i>Rhinolophus spp.</i>	<i>Otonycteris hemprichii</i>
<i>Hypsugo savii</i>			<i>Miniopterus pallidus</i>
<i>Miniopterus</i>			
<i>Tadarida teniotis</i>			

Source : EUROBATS, 2014

Tableau 22 : Comportement et sensibilité des espèces

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Hauteur de vol (Eurobats, 2015)	Migration ou déplacements sur de longues distances	Attrirée par la lumière	Mortalité avérée avec les éoliennes (Eurobats, 2016)	Risque de collision (Eurobats, 2014)	Niveau de sensibilité face à l'éolien
Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	Vol haut et bas	Oui	Oui	Oui	Fort	Fort
Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	Vol haut et bas	Oui	Oui	Oui	Fort	Fort
Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	Vol haut et bas	Oui	Oui	Oui	Fort	Fort
Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Vol haut et bas	Non	Oui	Oui	Fort	Fort
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Vol haut et bas	Non	Oui	Oui	Fort	Fort
Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>	Vol haut et bas	Non	Oui	Oui	Moyen	Moyen

Il ressort de ce tableau que 5 espèces ont une sensibilité forte à l'éolien et 1 espèce a une sensibilité modérée à l'éolien.

V.2.6.3 Niveau de vulnérabilité générale

L'enjeu patrimonial et le niveau de sensibilité face au risque éolien permettent de définir le niveau de vulnérabilité potentiel des espèces. Cela permet ainsi de faire ressortir les espèces potentiellement impactées par un projet éolien.

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Enjeu patrimonial	Niveau de sensibilité face à l'éolien	Niveau de vulnérabilité
Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	Fort	Fort	Fort
Pipistrelle de Natusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	Fort	Fort	Fort
Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	Fort	Fort	Fort
Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Faible	Fort	Assez fort
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Faible	Fort	Assez fort
Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>	Faible	Moyen	Moyen

Trois espèces sont classées en vulnérabilité forte : la pipistrelle de Natusius, la noctule commune et la noctule de Leisler. Deux autres espèces, la pipistrelle commune et la pipistrelle de Kuhl, sont classées en vulnérabilité assez forte. La sérotine commune est classée en vulnérabilité modérée.

Toutes les espèces présentes sont donc concernées par un niveau de vulnérabilité important et sont à prendre en compte.

V.2.6.4 Présentation des espèces classées vulnérables

Afin de mieux appréhender les espèces de chauves-souris présentant une vulnérabilité modérée à forte, elles sont présentées dans les fiches ci-dessous.

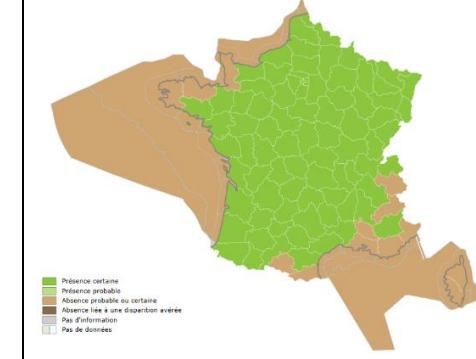
Noctule commune	Espèce de vulnérabilité forte
<p>La Noctule commune fait partie des plus grandes espèces en Europe. Forestière à la base, elle a su s'adapter au milieu urbain. Arboricole, elle gîte dans les anciens trous de pics ou dans de larges cavités dans les troncs.</p> <p>En France, l'espèce est présente sur la quasi-totalité du territoire. Sa densité tend toutefois à décliner fortement.</p> <p>En Bretagne, si elle est considérée comme commune dans le Morbihan, elle est mal connue dans les Côtes-d'Armor et rare à très localisé en Ille-et-Vilaine. Elle est absente ou inconnue dans le Finistère.</p> 	
	<p>Figure 27 : Noctule commune</p> <p>Source : ALTHIS</p>

Figure 27 : Noctule commune

Source : ALTHIS

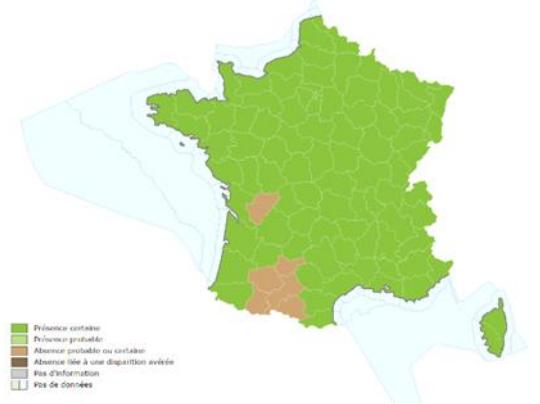
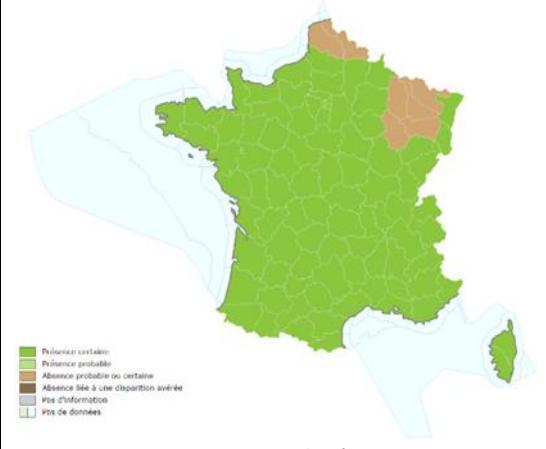
Pipistrelle de Natusius	Espèce de vulnérabilité forte
<p>La pipistrelle de Natusius est une espèce forestière qui fréquente préférentiellement les boisements avec de nombreux points d'eau. Il s'agit d'une espèce migratrice qui vole sur de grandes distances entre ses gîtes de mise bas et d'hibernation.</p> <p>En France, l'espèce est plus présente sur les zones littorales qu'au centre.</p> <p>En Bretagne, elle est considérée comme rare ou très localisée.</p> 	
	<p>Figure 29 : Pipistrelle de Natusius</p> <p>Source : J.Wedd</p>

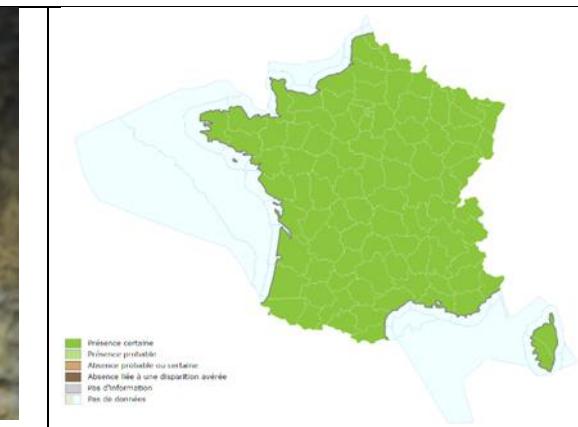
Figure 29 : Pipistrelle de Natusius

Source : J.Wedd

Noctule de Leisler	Espèce de vulnérabilité forte
La Noctule de Leisler est une espèce de taille moyenne qui fréquente les milieux forestiers et particulièrement les forêts de feuillus ouvertes. Cette espèce, migratrice, peut effectuer des déplacements allant de quelques centaines de kilomètres jusqu'à plus de 1500 km. Ses gîtes sont arboricoles, principalement en boisements de feuillus.	
En France, l'espèce est présente sur l'ensemble du territoire.	
Découverte seulement en 2002 en Bretagne, elle est considérée comme rare et mal connue dans la région.	
	
Figure 31 : Noctule de Leisler	Figure 32 : Carte de répartition
Source : ONF	Source : INPN

Pipistrelle commune	Espèce de vulnérabilité assez forte
La pipistrelle commune est une espèce de petite taille qui fréquente tous les milieux. Elle se retrouve en pleine forêt comme en villes ou en zones cultivées. Elle gîte dans les bâtiments, les greniers, les fissures de murs, les cavités arboricoles et de nombreux autres endroits.	
En France, la pipistrelle commune est très présente et est souvent l'espèce la plus contactée. En Bretagne, elle est également largement répartie.	
	
Figure 35 : Pipistrelle commune	Figure 36 : Carte de répartition
Source : L.Bonnot	Source : INPN

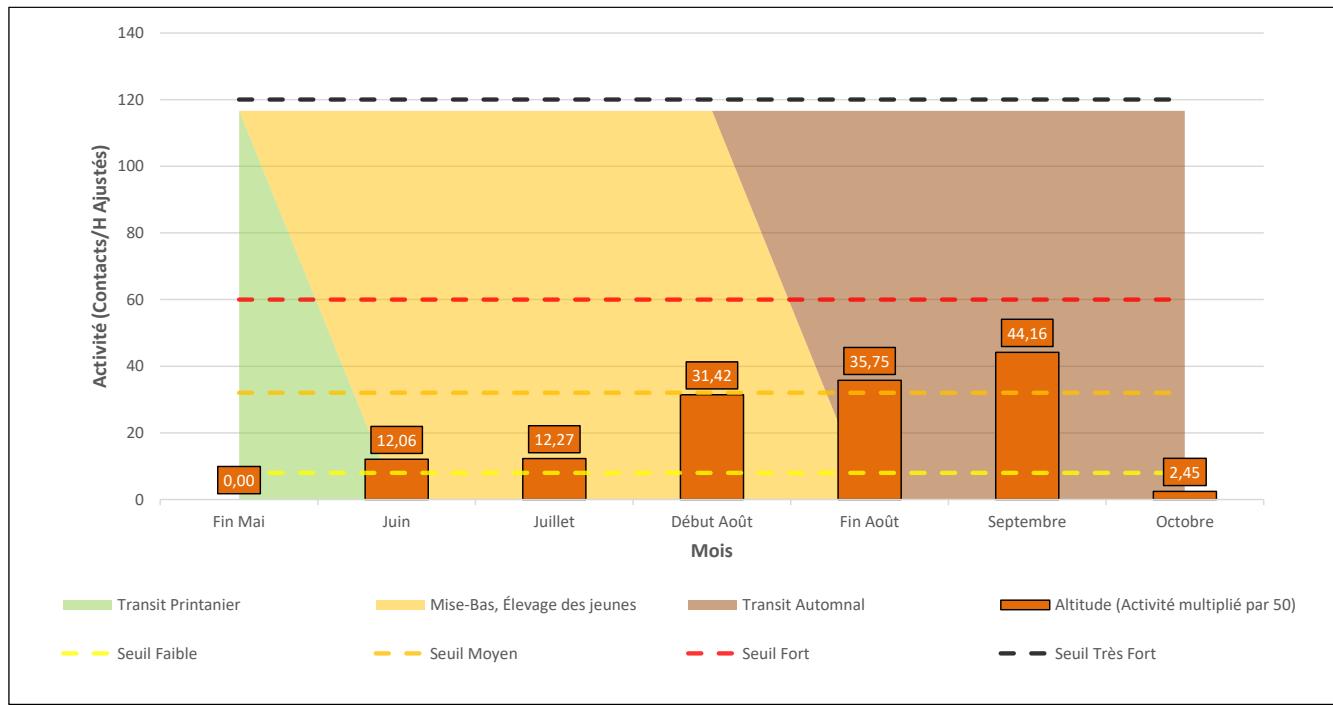
Pipistrelle de Kuhl	Espèce de vulnérabilité assez forte
La pipistrelle de Kuhl est une chauve-souris de petite taille anthropophile. Elle se rencontre fréquemment dans les villes. Elle fréquente également les milieux agricoles, forestiers et une grande diversité d'autres habitats. Elle gîte en période estivale dans les bâtiments et très rarement dans les cavités arboricoles.	
En France, la pipistrelle de Kuhl est bien présente à l'exception de certains départements au nord où elle reste anecdotique.	
En Bretagne, elle est également considérée comme peu commune.	
	
Figure 33 : Pipistrelle de Kuhl	Figure 34 : Carte de répartition
Source : V. Verissimo	Source : INPN

Sérotine commune	Espèce de vulnérabilité modérée
La sérotine commune est une chauve-souris robuste qui fréquente une grande variété de milieux, allant de la ville aux milieux forestiers, de culture... Pour ses gîtes d'été, la sérotine commune s'installe de préférence dans les bâtiments et très rarement dans les cavités arboricoles.	
En France, la sérotine commune est présente sur l'ensemble du territoire, mais est plutôt considérée comme une espèce de basse altitude.	
En Bretagne, elle est considérée comme commune.	
	
Figure 37 : Sérotine commune	Figure 38 : Carte de répartition
Source : Photo Y. Ronchard	Source : Carte INPN

V.2.7 Evaluation de la vulnérabilité sur site

Chaque espèce est présentée par un graphique présentant les niveaux d'activité horaire moyens par mois, pour le suivi en nacelle.

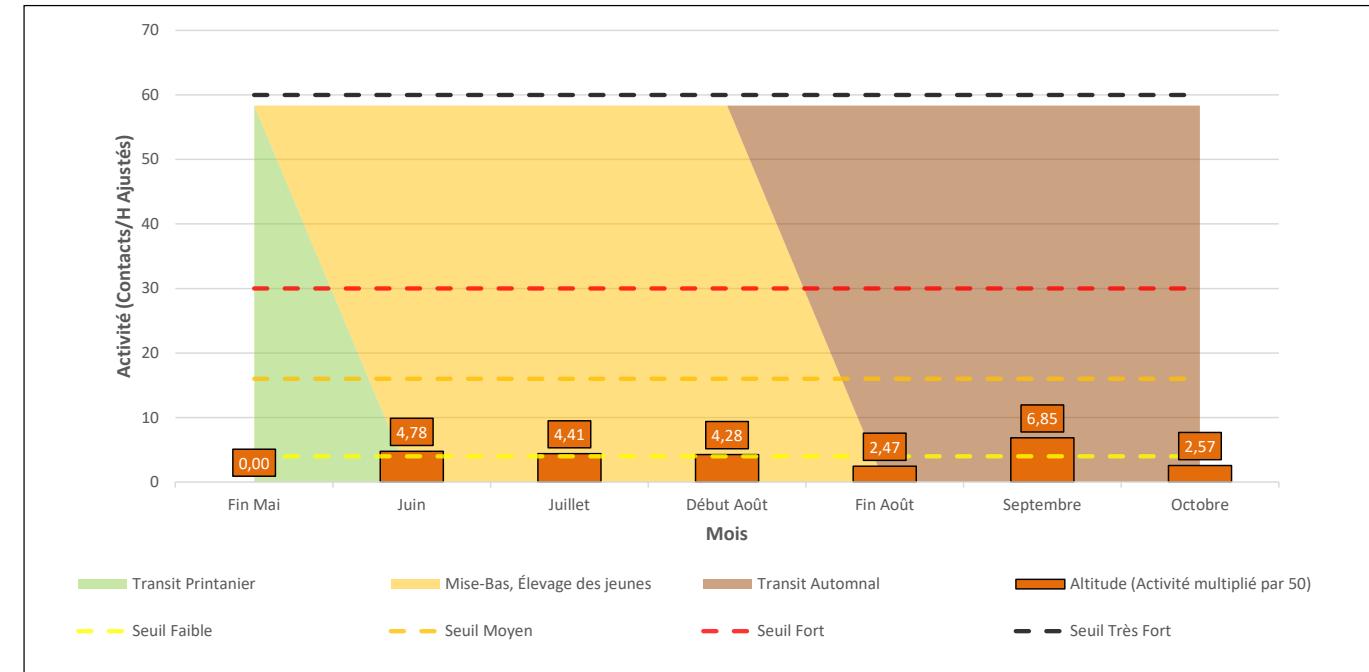
V.2.7.1 Pipistrelle commune



L'activité de la pipistrelle commune varie en fonction des saisons. Elle est globalement faible, mais s'accroît au fil des mois pour atteindre un pic d'activité modérée en de fin-août à septembre (période de transit). En octobre, son activité diminue nettement.

A la vue de cette activité, et en prenant en compte son niveau de vulnérabilité globale, **sa vulnérabilité sur site est considérée comme modérée**.

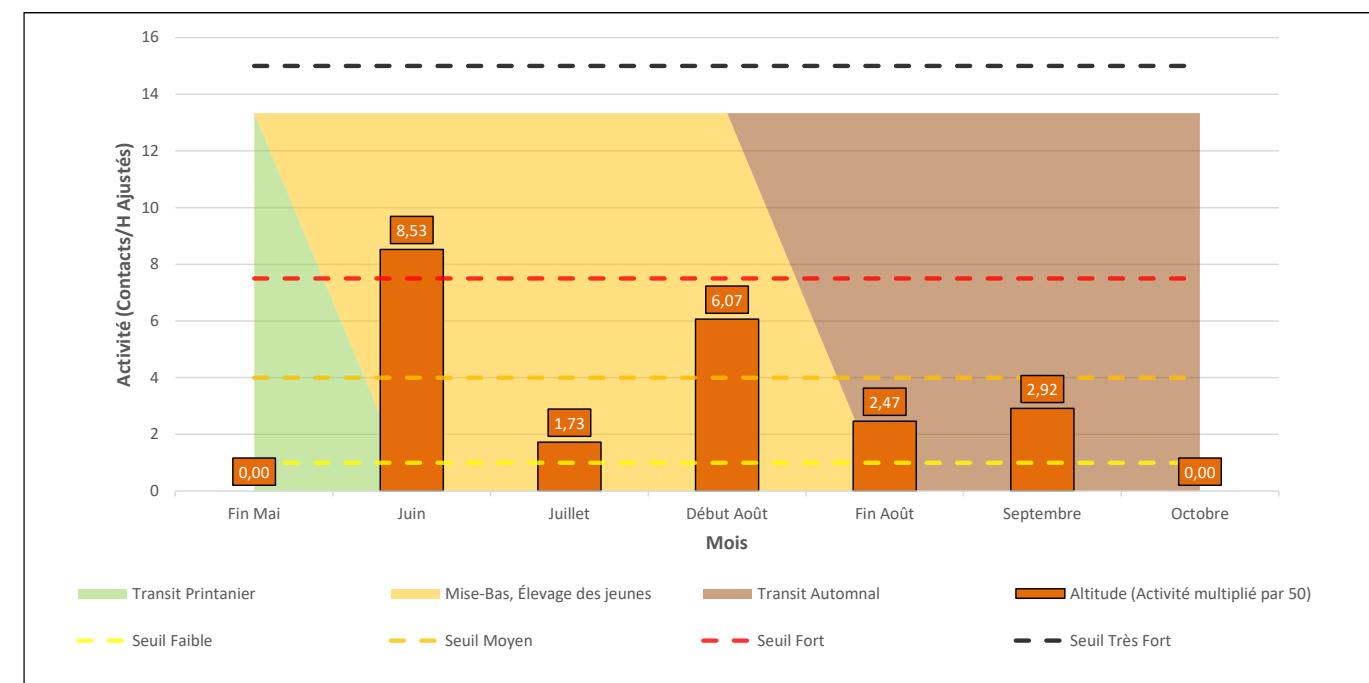
V.2.7.2 Pipistrelle de Kuhl



L'activité de la pipistrelle de Kuhl reste relativement constante sur toute la saison, avec une légère hausse au mois de septembre (période de transit). Son activité globale sur site est très faible.

A la vue de cette activité, et en prenant en compte son niveau de vulnérabilité globale, **sa vulnérabilité sur site est considérée comme faible**.

V.2.7.3 Pipistrelle de Nathusius

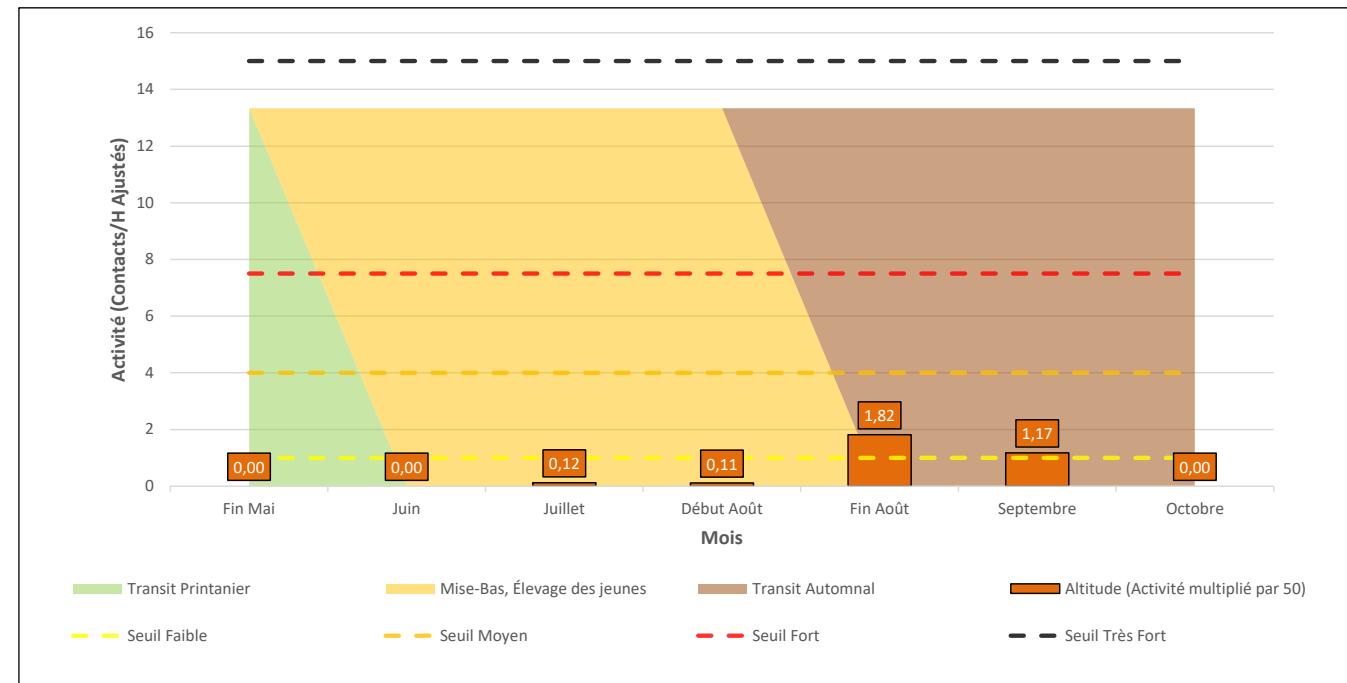


Espèce migratrice, la pipistrelle de Nathusius a une activité globalement faible et saccadée au cours de la saison. Non contactée en hauteur en mai, son activité est forte au mois de juin (fin de migration printanière, période de mises bas et d'élevage des jeunes). En juillet, son activité diminue à hauteur de nacelle pour s'accroître début

août (début de la période de migration automnale pour cette espèce). A la période automnale, son activité est relativement faible.

A la vue de cette activité, et en prenant en compte son niveau de vulnérabilité globale, **sa vulnérabilité sur site est considérée comme modérée**.

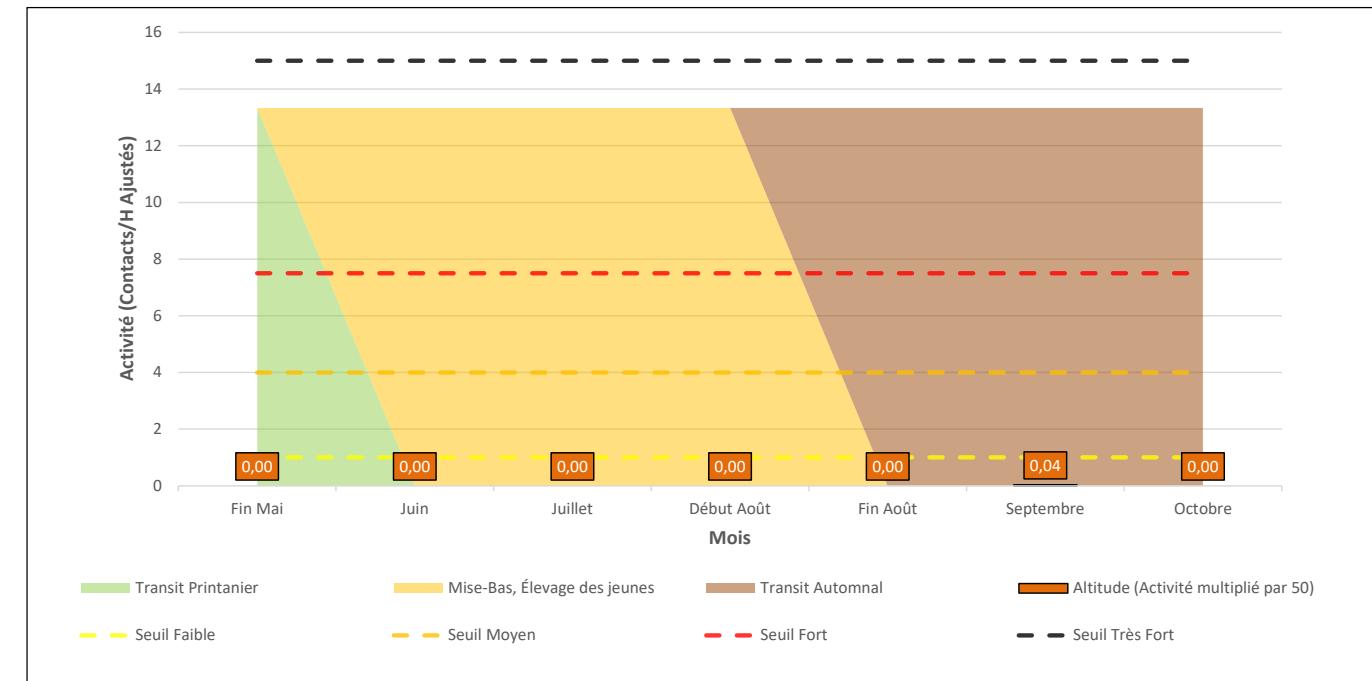
V.2.7.4 Noctule de Leisler



L'activité de la noctule de Leisler est très faible sur la saison. Sa plus forte activité est notée en fin-août/septembre (période de migration).

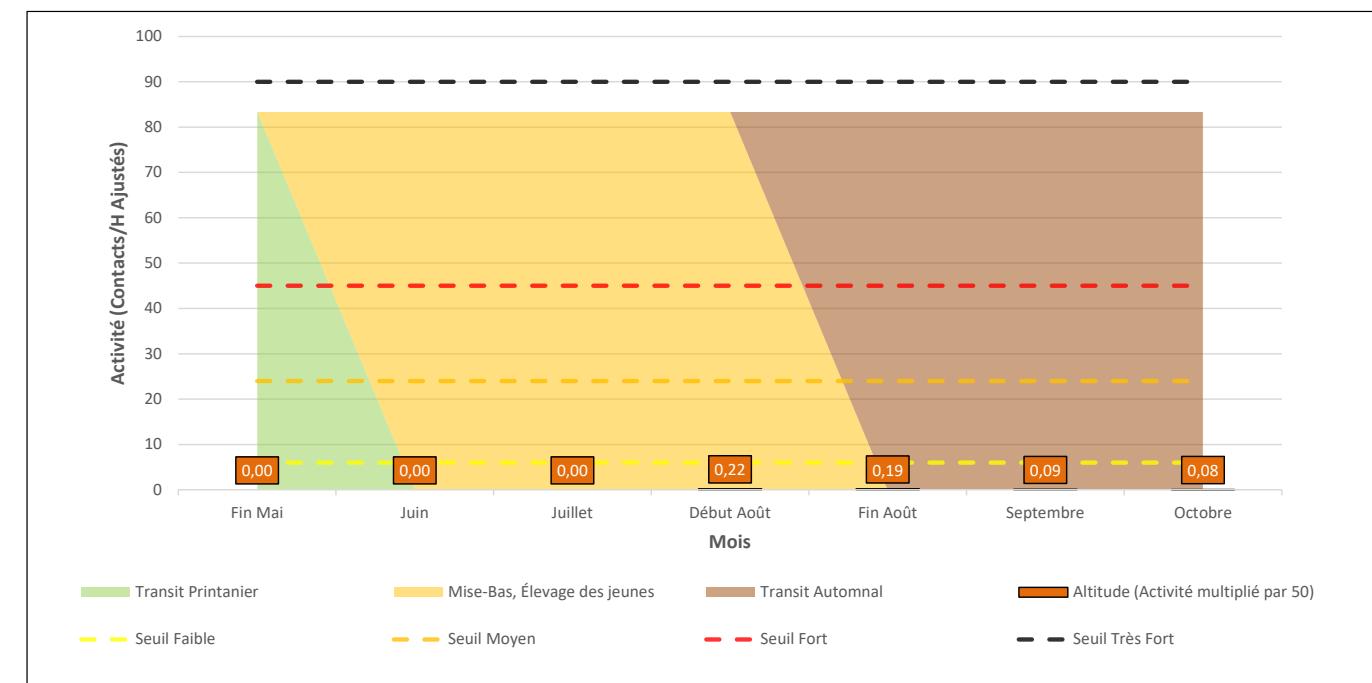
A la vue de cette activité, et en prenant en compte son niveau de vulnérabilité globale, **sa vulnérabilité sur site est considérée comme faible**.

V.2.7.5 Noctule commune



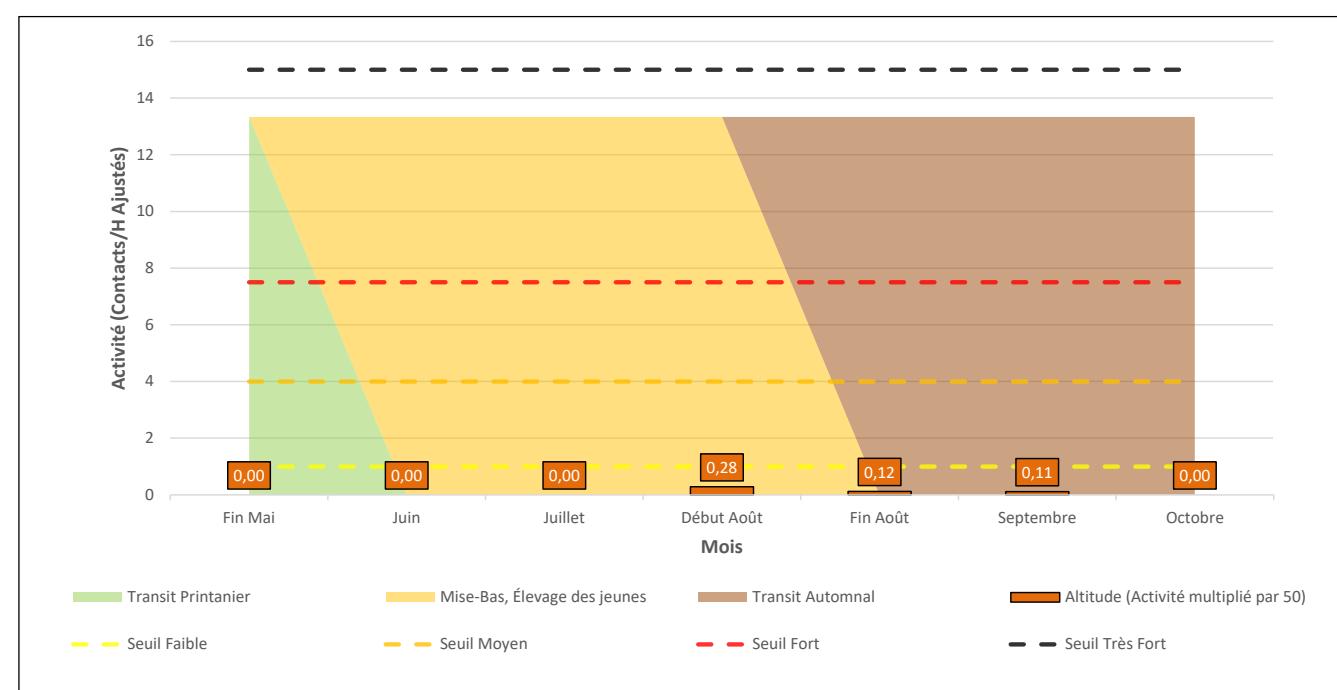
La noctule commune n'a été contactée qu'au mois de septembre (transit automnal), avec une activité très faible. A la vue de cette activité, et en prenant en compte son niveau de vulnérabilité globale, **sa vulnérabilité sur site est considérée comme faible**.

V.2.7.6 Sérotine commune



La sérotine commune n'a été contactée qu'en fin de saison, de début août à octobre, avec une activité très faible. Son activité globale sur site est donc très faible.

A la vue de cette activité, et en prenant en compte son niveau de vulnérabilité globale, **sa vulnérabilité sur site est considérée comme faible**.

V.2.7.7 Sérotules

Les contacts de « sérotules » sont enregistrés de début août au mois de septembre. L'activité est très faible. La noctule de Leisler et la sérotine commune ont été contactées sur ces périodes et la noctule commune uniquement en septembre. Que ces contacts soient attribués à la noctule commune, à la noctule de Leisler ou encore à la sérotine commune, cela ne changerait pas l'activité globale de ces espèces ni même leur enjeu sur site.

V.2.8 Niveau de vulnérabilité sur site par espèce

Tableau 23 : Niveaux d'enjeux et de vulnérabilité par espèce

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Enjeu patrimonial	Niveau de sensibilité face à l'éolien	Niveau de vulnérabilité	Niveau d'activité en nacelle	Vulnérabilité sur site
Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	Fort	Fort	Fort	Très faible	Faible
Pipistrelle de Natusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	Fort	Fort	Fort	Faible	Modérée
Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	Fort	Fort	Fort	Très faible	Faible
Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Faible	Fort	Assez fort	Très faible	Faible
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Faible	Fort	Assez fort	Faible	Modérée
Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>	Faible	Moyen	Moyen	Très faible	Faible

Six espèces ont été recensées à hauteur de nacelle sur le parc éolien de Moréac. Toutes sont sensibles aux collisions avec les éoliennes.

La pipistrelle de Natusius a une vulnérabilité modérée sur site. Bien que son activité globale sur site soit faible, elle a un pic de forte activité au mois de juin et a un niveau de vulnérabilité générale qui est fort.

La pipistrelle commune, espèce la plus impactée par les collisions éoliennes, a une vulnérabilité sur site considérée comme modérée. Bien que son activité globale soit faible, elle a un pic d'activité à la période automnale, période où l'on recense en général le plus de cas de collision.

Les autres espèces ont une vulnérabilité sur site qui est faible. Bien qu'elles soient toutes plus ou moins sensibles au risque éolien, leur activité sur site est très faible.

Bilan du suivi en nacelle des chiroptères

Le suivi en nacelle des chiroptères du parc de Moréac s'est fait entre les semaines 20 et 43 sur l'éolienne 8.

L'activité est faible sur l'ensemble de la saison. Un pic d'activité (modéré) est noté en **septembre**, mois durant lequel les colonies de parturition s'éclatent, où les individus se retrouvent pour la reproduction, chassent en préparation de l'hiver ou sont en migration. Les pipistrelles communes et de Natusius ont une activité importante à cette saison. Seule la pipistrelle de Natusius a un pic de forte activité au cours de la saison, au mois de juin.

80 % des contacts sont enregistrés durant les 3 premières heures après le coucher de soleil, à des températures allant de 21 à plus de 30°C, et à des vitesses de vent inférieures à 6 m/s.

20 % des contacts sont enregistrés à des vitesses de vent comprises entre 6m/s et 8.9m/s.

Six espèces ont été enregistrées, trois du genre *Pipistrellus*, deux du genre *Nyctalus* et une du genre *Eptesicus*. L'ensemble de ces espèces ont un niveau de sensibilité à l'éolien modéré à fort. **La vulnérabilité sur site de la pipistrelle de Natusius et de la pipistrelle commune est considérée comme modérée.** Elle est faible pour les 4 autres espèces.

VI. SUIVI DE MORTALITÉ

VI.1 Historique

Tableau 24 : Bilan des cas de mortalité constatés (en gris : suivis antérieurs à 2015 ; en vert : suivi de mortalité de 2015).

Espèces	Date de découverte	Éolienne
Goéland brun (<i>Larus fuscus</i>)	-/04/2011	E7
Faucon crécerelle (<i>Falco tinnuculus</i>)	07/05/2013	E7
Martinet noir (<i>Apus apus</i>)	01/08/2013	E1
Buse variable (<i>Buteo buteo</i>)	10/06/2014	E1
Buse variable (<i>Buteo buteo</i>)	13/05/2015	E7
Alouette des champs (<i>Alauda arvensis</i>)	23/10/2015	E4
Roitelet à triple bandeau (<i>Regulus ignicapilla</i>)	23/10/2015	E1

Le protocole employé au cours du suivi de 2015 ne permet pas de comparaison directe avec le suivi de 2021.

VI.2 Résultats

VI.2.1 Protocole mis en œuvre

VI.2.1.1 Fréquence de suivis

Les interventions de recherche de cadavre ont été réalisées de mi-mai à fin octobre (semaine 20 à 43), avec une fréquence de 3 semaines sur 4 par mois. Les interventions ont eu lieu le lundi au cours de cette période. Une erreur interne est à l'origine d'un manque de prospection prévu au cours de la semaine du 30 août. Cette sortie a finalement été réalisée en dehors de la période d'étude initiale, le 1^{er} décembre 2021. En définitive, 20 interventions ont été effectuées au cours de l'année 2021 (cf. tableau suivant).

Tableau 25 : Planning de réalisation du suivi de mortalité

Dates	Intervenants
17/05/2021	Guénolé Le Peutrec
24/05/2021	Léa Bonnot
01/06/2021	Léa Bonnot
14/06/2021	Margaux Féon
21/06/2021	Maude Herman
28/06/2021	Romain le Goff
12/07/2021	Romain le Goff
19/07/2021	Guénolé Le Peutrec
26/07/2021	Ronan Arhuro
02/08/2021	Ronan Arhuro
16/08/2021	Margaux Féon
23/08/2021	Guénolé Le Peutrec
13/09/2021	Romain le Goff
20/09/2021	Maude Herman
27/09/2021	Maude Herman
04/10/2021	Ronan Arhuro
11/10/2021	Margaux Féon
18/10/2021	Maude Herman

VI.2.1.2 Protocole de terrain

Le protocole de terrain est inspiré de celui mis au point par la Ligue de Protection des Oiseaux (LPO, 2004).

Les prospections s'effectuent à pied sous les 8 aérogénérateurs. La surface à prospecter correspond à un carré de 100m x 100m, soit une surface de 1ha autour de chaque éolienne (Figure 39). Il est considéré que cette surface est suffisante pour obtenir une valeur précise de la mortalité induite par les éoliennes.

Pour réaliser cette prospection, l'observateur utilise une tablette de terrain munie d'un logiciel de cartographie (QGIS) et d'un GPS. Chaque éolienne est entourée par un quadrat (périmètre de la surface à prospecter). Celui-ci est ligné par des transects (cf. figure ci-dessous **Figure 39**). L'observateur visualise sa position dans l'espace directement sur le logiciel. Il n'a plus qu'à suivre les transects pour rechercher efficacement les cadavres, tout en respectant leurs longueurs et leurs écartements. L'espacement entre transects est de 10 m.

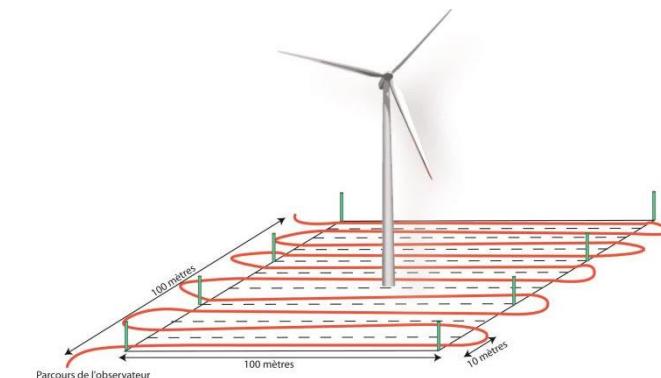


Figure 39 : Schéma de principe des recherches de terrain

Source : LPO, 2004

Pour toutes les journées de suivi et pour chaque aérogénérateur, une base de données est remplie, même en l'absence de cadavre. Elle contient entre autres : la date, le nom du prospecteur, la hauteur des surfaces végétalisées prospectées et au besoin, la localisation d'un cadavre éventuel avec une estimation de son âge, son état, etc.

De plus, chacun des quadrats prospectés est pris en photo, ainsi que tous les cadavres trouvés.

.1.1.5 - Test de persistance

Pour déterminer ce coefficient, 10 cadavres de poussins et 10 de souris sont disséminés et répartis au pied des trois éoliennes du site. Les cadavres sont dénombrés le lendemain et lors d'une série de contrôles, courant jusqu'à disparition des cadavres ou à concurrence de 14 jours. Si un cadavre d'oiseau ou de chauve-souris est découvert le jour de la pose des cadavres et qu'il est déterminé comme mort dans la journée, il est alors ajouté au test de persistance.

La durée moyenne de persistance des cadavres est calculée ainsi :

$$\bar{t} = \frac{\sum \text{Persistance par cadavre}}{\text{Nbre cadavres}}$$

Deux tests espacés dans le temps ont été menés.

Tableau 26 : Planning de réalisation des tests de persistance

Dates	Intervenants	Interventions
14/06/2021	Margaux Féon	Mise en place du test 1
15/06/2021	Bastien Blanc	Contrôle test 1
16/06/2021	Bastien Blanc	Contrôle test 1
18/06/2021	Bastien Blanc	Contrôle test 1
21/06/2021	Romain Le Goff	Contrôle test 1
24/06/2021	Bastien Blanc	Contrôle test 1
28/06/2021	Maude Herman	Contrôle test 1
13/09/2021	Romain Le Goff	Mise en place du test 2
14/09/2021	Bastien Blanc	Contrôle test 2
16/09/2021	Bastien Blanc	Contrôle test 2
17/09/2021	Bastien Blanc	Contrôle test 2
20/09/2021	Maude Herman	Contrôle test 2
27/09/2021	Maude Herman	Contrôle test 2

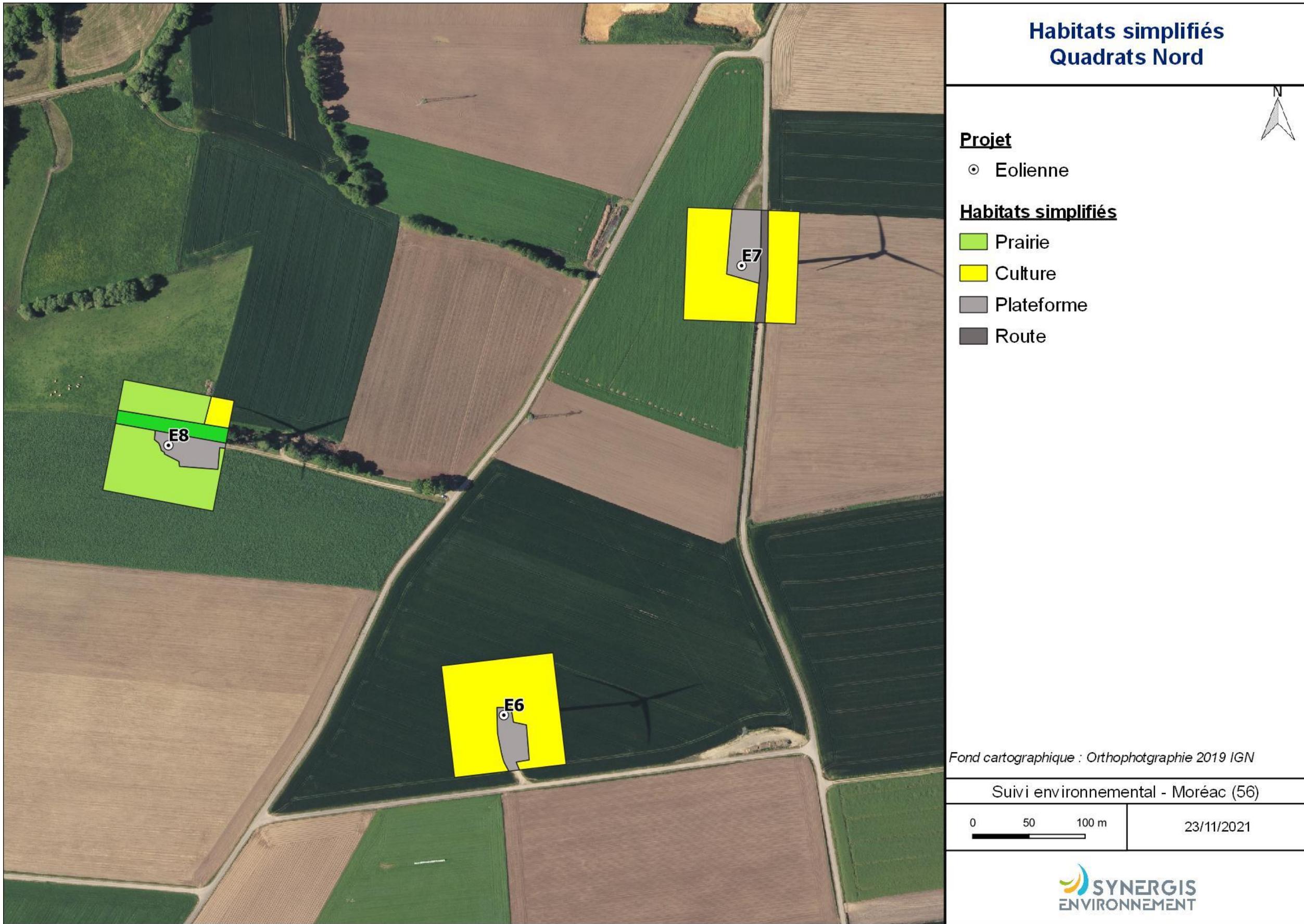
Les quadrats sont représentés sur les figures suivantes (parcours et habitats simplifiés par quadrat).



Figure 40 : Localisation des transects du suivi de mortalité des éoliennes nord



Figure 41 : Localisation des transects du suivi de mortalité des éoliennes sud



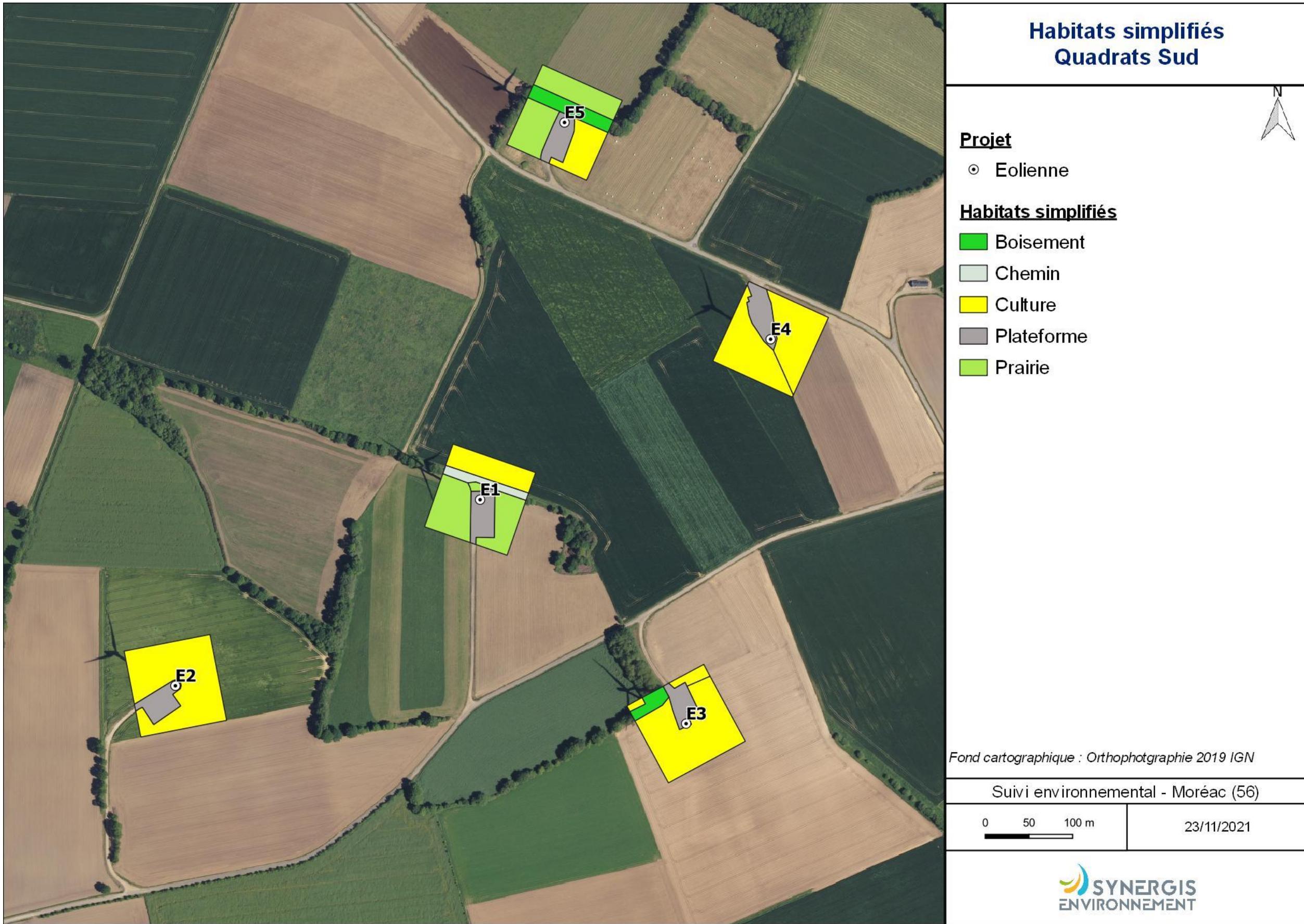


Figure 43 : Habitats simplifiés dans les quadrats des éoliennes sud

VI.2.2 Occupation du sol au pied des éoliennes

Trois types de couverts sont majoritairement présents : surfaces agricoles, boisements et voiries. Parmi les surfaces agricoles, les cultures sont majoritaires avec 59 % de la surface totale des quadrats. Les prairies recouvrent quant à elles 21 % de l'ensemble des quadrats. Viennent ensuite, en termes de surfaces occupées, les plateformes avec 14 %. Les 6 % restant se divisent entre les boisements (regroupant également les haies) 4 % et la voirie qui occupe 2 % des quadrats.

Tableau 27 : Types d'habitats rencontrés et surfaces associées

Typologie simplifiée des habitats	Surface (en ha)	Pourcentage
Culture	47 020	59 %
Prairie	16 715	21 %
Plateforme	11 146	14 %
Boisement	3 590	4 %
Voirie	1 621	2 %

Ces couverts induisent 4 types de surface, du point de vue du suivi :

- Les plateformes et les voiries sont considérées comme des « surfaces planes »
- Les prairies sont en « végétation basse », « végétation moyenne » ou « végétation haute », selon la période
- Les cultures sont en « végétation basse », « végétation moyenne » ou « végétation haute », selon la période
- Les boisements (comprenant les haies) sont considérés comme « non prospectables »

VI.2.3 Surfaces prospectées

La surface globale prospectée est globalement homogène au cours de la période de prospection (médiane : 38 730 m² ; moyenne : 41 598 m² ; Figure 44). De la semaine 20 à 29 les hauteurs de végétation ont très peu évolué notamment en raison des surfaces non prospectables (cultures de blé et de maïs). Lors des semaines 30 à 33 il est observé une baisse des surfaces prospectables avec la pousse de la végétation des prairies. Puis entre les semaines 33 et 34, la moisson des champs de blé induit une forte hausse des surfaces prospectables. La superficie prospectée reste ensuite stable jusqu'à la fin des suivis à l'exception de la semaine 43 où des champs de maïs commencent à être récoltés. La superficie totale prospectable de 80 000 m² n'est jamais atteinte.

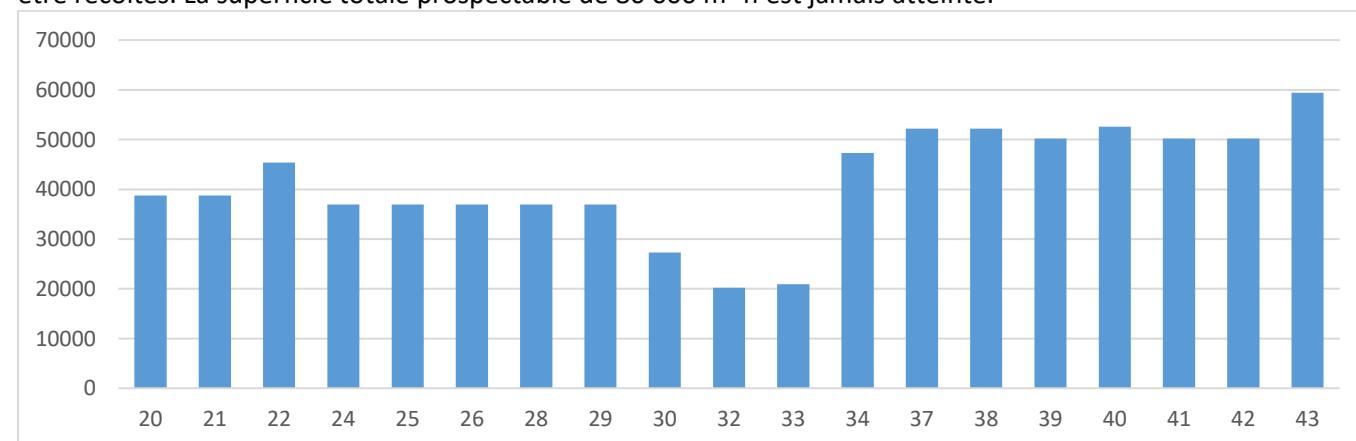


Figure 44 : Représentation de la surface prospectée en fonction des semaines d'inventaires en 2021

En moyenne par passage il est prospecté un peu plus de la moitié des surfaces autour de chaque éolienne (médiane : 5266 m² ; moyenne : 5199 m²). L'éolienne E3 a été la moins prospectée du fait principalement de la présence de maïs et d'une haie dense et large. Il n'y a quasiment qu'eu la plateforme de prospectée plus une petite partie de prairie. Les éoliennes E8 et E1 entourées de prairies sont les plus prospectées. Les autres éoliennes entourées de cultures, principalement de blé, sont en termes de surfaces prospectées intermédiaires avec des surfaces prospectées assez différentes avant et après la récolte des cultures.

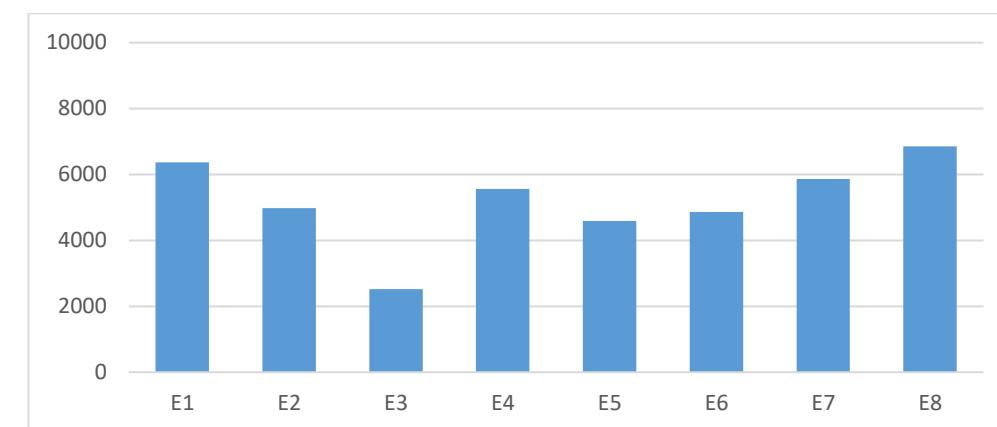


Figure 45 : Moyenne des surfaces prospectées par éolienne en 2021

VI.2.4 Coefficients de correction

VI.2.4.1 Test de détection

Chaque intervenant du suivi de mortalité participe à des tests de détection. Ces derniers permettent de définir le coefficient de détectabilité pour chaque intervenant. Deux tests doivent être réalisés à des périodes différentes pour chaque intervenant, avec différents types de végétation pour chaque test (surface plane, végétation basse, moyenne, haute). Il faut utiliser 15 à 20 leurre et effectuer la prospection en respectant le protocole établi, tout en ayant un contrôle strict du temps à passer en fonction de la surface (pour limiter l'intensification de la recherche au-delà de la pratique régulière).

Normalement, les intervenants ignorent qu'ils sont en test. Dans les faits, dès qu'un intervenant observe un leurre, il intègre qu'un test est en cours. Le biais n'est ainsi que partiellement compensé. Seule l'utilisation de véritables cadavres permettrait de leurrer l'intervenant, à condition de tester avec de faibles quantités. De plus, les contraintes pratiques (transport, préparation) font qu'il est compliqué de mettre en place ce type de test.

La quasi-totalité des passages sur les différents sites éoliens a été effectuée par deux opérateurs seulement. De ce fait, une méthodologie de test alternative a été utilisée, permettant d'avoir un taux de détection par type de végétation pour chaque intervenant.

Pour chaque test, un préparateur dépose (par jet en l'air) un nombre de leurre qu'il définit (l'objectif étant de disposer d'un lot de données suffisantes), selon une disposition tirée au sort sous SIG (disposition aléatoire). Les leurre en tissu foncé ont été réutilisés, ainsi que des leurre en coton brun plus clair, et des leurre plus réalistes, mais moins nombreux.

Étant donné le nombre conséquent de prospecteurs et le nombre de leurre testés différents de l'un à l'autre il est choisi de prendre la moyenne du nombre de leurre entre prospecteurs et donc ce nombre de leurre est de 65. Les résultats des tests sont utilisés directement dans le Tableau 30.

VI.2.4.2 Test de persistance

Le test consiste à disperser des cadavres de 10 poussins et 10 souris au pied des éoliennes dans la zone prospectée et à suivre leur disparition progressive. Le premier test a été mené le 14 juin ; le second le 13 septembre (tableau suivant). Ces deux tests sont réalisés sur l'intégralité du parc, avec 3 ou 4 proies réparties par éoliennes.

Tableau 28 : Tests de persistance

Tests	Date de passage	Nombre de proies restantes	Persistance (en jours)	Persistance moyenne (en jours)
Test 1 du 14 juin	14/06/2021	20	-	7,4
Test 1 du 14 juin	15/06/2021	20	0,5	
Test 1 du 14 juin	16/06/2021	19	1,5	
Test 1 du 14 juin	18/06/2021	16	3	
Test 1 du 14 juin	21/06/2021	10	5,5	
Test 1 du 14 juin	24/06/2021	4	10,5	
Test 1 du 14 juin	28/06/2021	3	14	
Test 2 du 13 septembre	13/09/2021	20	-	4,0
Test 2 du 13 septembre	14/09/2021	17	0,5	
Test 2 du 13 septembre	16/09/2021	9	2	
Test 2 du 13 septembre	17/09/2021	6	3,5	
Test 2 du 13 septembre	20/09/2021	3	5,5	
Test 2 du 13 septembre	27/09/2021	1	14	

Le premier test a une persistance assez forte de 7,4 jours alors que le second à une persistance moyenne avec 4 jours de persistance moyenne des cadavres.

Le taux de persistance global est de 5,7 jours sur le parc éolien de Moréac.

VI.2.5 Prise en compte conjoint de la détectabilité et du couvert

À chaque type de couvert, et à chaque intervenant est associé un taux de détection spécifique.

À chaque éolienne et à chaque passage est associée une surface par type de couvert.

On constitue ainsi un taux de détection composite par journée, en pondérant les taux de détection par les surfaces associées au type de couvert (Tableau 29). La moyenne de ces taux sur la durée du suivi sera prise en compte par éolienne et pour l'ensemble du parc.

Tableau 29 : Taux de détection composite par prospection (exemple d'une partie du suivi de E2)

Date	Nom	Eolienne	Surface Plane	Surface Basse	Surface Moyenne	Surface Haute	Surface inaccessible
24/05/2021	Léa Bonnot	E2	0,90	0,00	0,02	0,00	0,926
01/06/2021	Léa Bonnot	E2	0,90	0,00	0,02	0,00	0,926
14/06/2021	Margaux Féon	E2	0,00	0,58	0,00	0,00	0,5775
21/06/2021	Maude Herman	E2	0,00	0,52	0,00	0,00	0,51625

Pour chaque éolienne, ainsi que pour le parc entier, un taux de détection composite peut être établi.

L'utilisation du programme du CEFE pour les calculs nécessite de fournir des chiffres de détection, issus des tests de terrain, en moyennant les différents observateurs. La prise en compte des différents couverts végétaux ne permet pas d'utiliser directement le programme. Des chiffres utilisables avec les taux composites sont donc créés.

Les tests initiaux ayant porté sur 65 leurres, le calcul d'un nombre de leurres théoriquement détecté dans chaque cas permet de fournir un chiffre au programme de calcul (nombre trouvé en détection ; Tableau 30).

Tableau 30 : Taux de détection composite par éolienne

Eolienne	Taux de détection composite	Détection théorique
E1	0,420	27,280
E2	0,384	24,992
E3	0,229	14,908
E4	0,504	32,729
E5	0,334	21,741
E6	0,440	28,620
E7	0,511	33,233
E8	0,414	26,942
Parc	0,403	26,215

VI.2.6 Données de mortalité constatée

Durant le suivi 2021 sur le parc de Moréac et de ses 8 éoliennes, **15 cas de mortalité** ont été enregistrés :

- **10 cadavres de chiroptères** (5 pipistrelles communes *Pipistrellus pipistrellus*, 1 pipistrelle de Kuhl *Pipistrellus kuhlii*, et 4 pipistrelles sp. *Pipistrellus sp.*) répartis comme suit : 4 cadavres au niveau de E5, 2 cadavres au niveau de E2, et un cadavre sous les éoliennes E1, E3, E4 et E6.

- **5 cadavres d'oiseaux** (1 épervier d'Europe *Accipiter nisus*, 1 goéland argenté *Larus fuscus*, 1 mésange charbonnière *Parus major*, 1 corneille noire *Corvus corone* et 1 tourterelle turque *Streptopelia decaocto*), respectivement retrouvés sous les éoliennes E1, E5, E3, E8 et E6.

Aucun cas de mortalité n'est constaté sous l'éolienne E7.

Tableau 31 : Bilan des cadavres retrouvés lors des suivis de mortalité

Date	Nom vernaculaire	Nom scientifique	Eolienne
2021-05-17	Epervier d'Europe	<i>Accipiter nisus</i>	E1
2021-05-17	Goéland argenté	<i>Larus argentatus</i>	E5
2021-05-24	Mésange charbonnière	<i>Parus major</i>	E3
2021-05-24	Corneille noire	<i>Corvus corone</i>	E8
2021-06-14	Pipistrelle Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	E3
2021-06-14	Pipistrelle sp.	<i>Pipistrellus sp.</i>	E6
2021-07-26	Tourterelle turque	<i>Streptopelia decaocto</i>	E6
2021-08-16	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	E1
2021-08-16	Pipistrelle sp.	<i>Pipistrellus sp.</i>	E5
2021-08-16	Pipistrelle sp.	<i>Pipistrellus sp.</i>	E5
2021-08-16	Pipistrelle sp.	<i>Pipistrellus sp.</i>	E5
2021-08-16	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	E5
2021-08-23	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	E2
2021-08-23	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	E2
2021-08-23	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	E4

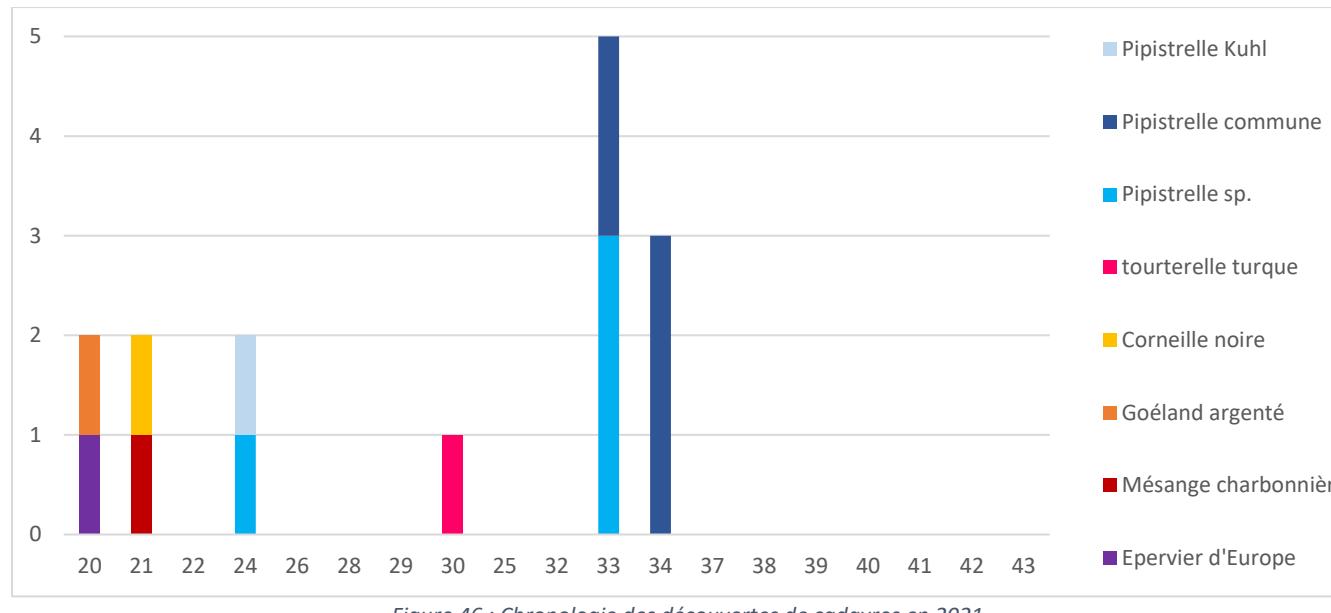


Figure 46 : Chronologie des découvertes de cadavres en 2021

❖ Chiroptères

Les cas de mortalité constatés de chiroptères se regroupent sur deux courtes périodes l'une lors de la semaine 24 et une autre entre les semaines 33 et 34. La semaine 24 correspond en termes biologiques au début de la mise bas et de l'élevage des jeunes, une forte activité de chasse est observée à cette période. Lors des semaines 33 et 34, il est aussi admis que cette période correspond à l'élevage des jeunes et leurs envols ainsi que la période charnière entre l'envol des jeunes et la recherche de partenaires et de site de swarming.

Le tableau suivant présente les espèces impactées retrouvées au pied d'éoliennes au cours du suivi, au regard des statuts de protection.

Tableau 32 : Statuts des espèces de chiroptères impactées

Nom scientifique	Nom vernaculaire	Statut national	Directive Ha-bitat Faune Flore	Liste rouge France	Liste rouge Bre-tagne	Etat régional de con-servation
<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Pipistrelle de Kuhl	Article 2*	Annexe IV	LC	LC	Fort
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrelle commune	Article 2*	Annexe IV	NT	LC	faible

*article 2 de l'arrêté du 23 avril 2007 fixant la liste des mammifères terrestres protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection : espèce et habitats strictement protégés.

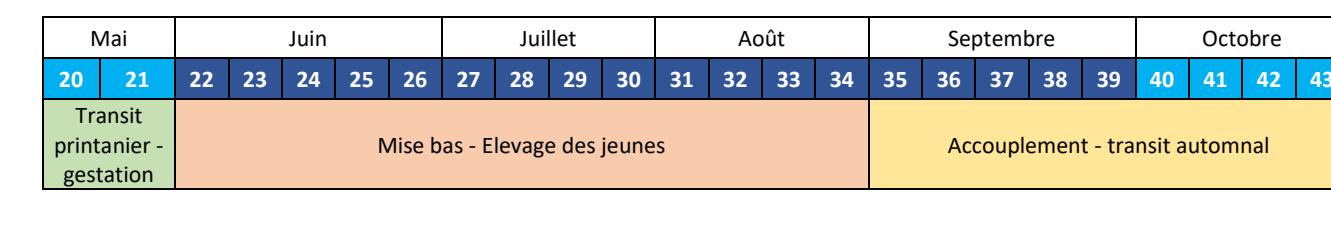


Figure 47 : Calendrier des périodes favorables à l'activité des chiroptères et cycles de vis des chiroptères

La découverte simultanée de quatre cadavres de pipistrelles sous l'éolienne E5 le 16/08/2021 a déclenché une procédure de déclaration de mortalité. Cette déclaration a induit la mise en place d'un bridage d'urgence pour cette éolienne avec les conditions d'application suivantes :

Éolienne	Paramètres	
	E5	Bridage de mi-août au 30 octobre ; Toute la nuit sur toute la saison ; A partir de 11°C et au-delà ; Par des vents < 6 m/s ; En l'absence de pluie marquée.

Les caractéristiques du bridage étaient indiquées de manière provisoire jusqu'à la fin de la saison, avec un réajustement en temps utile des paramètres dès réception et analyse des données d'exploitation et météorologiques relatives à l'ensemble de la période d'étude.

❖ Avifaune

Quatre cadavres d'oiseaux ont été constatés en mai (semaine 20 et 21), ce qui correspond à la période de nidification. Toutefois, certaines espèces peuvent ne pas nicher à proximité immédiate. En effet, l'individu de goéland argenté était plus probablement en déplacement entre une zone d'alimentation et une zone de repos ou de nidification.

Enfin, concernant le cadavre de la tourterelle turque découvert de manière un peu décalée au cœur de l'été, on peut considérer que la période de la découverte coïncide là aussi à la période de nidification (nidification très étalée dans le temps pour cette espèce).

Le tableau suivant présente les espèces impactées retrouvées au pied d'éoliennes au cours du suivi, au regard des statuts de protection.

Tableau 33 : Statuts des espèces d'oiseaux impactées

Nom commun	Nom scientifique	Statut national	Directive Oiseaux	Liste rouge France	Liste rouge Bretagne	Enjeux régional de conservation
Corneille noire	<i>Corvus corone</i>	-	Annexe II	LC	LC	Faible
Épervier d'Europe	<i>Accipiter nisus</i>	Articles 3* et 6**	-	LC	LC	Modéré
Goéland argenté	<i>Larus argentatus</i>	Article 3*	Annexe II	NT	VU	Fort
Mésange charbonnière	<i>Parus major</i>	Article 3*	-	LC	LC	Faible
Tourterelle turque	<i>Streptopelia decaocto</i>	-	Annexe II	LC	LC	Faible

*article 2 de l'arrêté du 29 octobre 2009 fixant la liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection : espèce et habitats strictement protégés.

**article 6 de l'arrêté mentionné : espèce soumise à autorisation spéciale vis-à-vis du désairage

VI.3 Évaluation de la mortalité réelle

VI.3.1.1 Évaluation pour le parc entier

L'estimation de la mortalité est calculée via l'application <https://shiny.cefepnrs.fr/EolApp/> à l'échelle du parc entier et pour chaque éolienne. Les estimations sont données pour chaque taxon et sont basées sur l'ensemble de la période suivi.

Il n'est pas possible d'avoir une estimation pour l'année entière, car les périodes non couvertes sont a priori nettement moins accidentogènes.

Pour chaque estimateur, il est retenu la valeur médiane des simulations (autant de simulations avec moins que plus de mortalité). Deux intervalles de confiance (IC) sont aussi présentés. Celui à 95 %, borné par IC 2,5 et IC 97,5 (95 % des simulations sont comprises entre les deux bornes, 2,5 % au-dessus et 2,5 % au-dessous), et celui à 80 %, borné par IC 10 et IC 90 (80 % des simulations comprises entre les deux bornes, 10 % au-dessus et autant en dessous). C'est ce dernier intervalle de confiance (IC), qui est retenu ici pour évaluer le chiffre réel.

Étant donné la concentration de mortalité constatée de chauve-souris sur le parc de l'ouest (9 cas sur 10), l'éloignement entre les deux parcs (2 km) et la différence de densité d'habitats semi-naturels, il est décidé de réaliser une sous analyse selon deux entités : les éoliennes E1, E2, E3, E4 et E5 qui seront regroupées sous le nom de « parc ouest » et les éoliennes E6, E7 et E8 seront regroupées sous le nom de « parc est ».

❖ Chiroptères

Tableau 34 : Estimations de la mortalité réelle des chiroptères sur le parc éolien de Moréac

Parc entier					
Formule	Médiane	IC 2,5	IC 97,5	IC 0,10	IC 0,90
Erickson	71,92	0	184,41	21,29	141,27
Huso	91,41	0	230,57	26,97	177,49
Jones	101,3	0	258,49	29,91	197,43
Moyenne 2021	88			21	197

Parc Est					
Formule	Médiane	IC 2,5	IC 97,5	IC 0,10	IC 0,90
Erickson	5,59	0	21,15	0	14,69
Huso	7,14	0	26,23	0	18,41
Jones	7,87	0	29,6	0	20,59
Moyenne	7			0	21

Parc Ouest					
Formule	Médiane	IC 2,5	IC 97,5	IC 0,10	IC 0,90
Erickson	72,99	0	210,55	16,67	151,05
Huso	92,83	0	263,19	21,25	189,79
Jones	102,56	0	290,15	23,42	210,92
Moyenne	89			17	211

Pour le parc entier, la mortalité réelle supposée pour les chiroptères est de l'ordre de 88 chauves-souris sur la saison de suivi, avec un chiffre réel probablement situé entre 21 et 197 individus.

Plus précisément, la mortalité estimée pour chacune des deux entités ouest et est du parc est la suivante : La mortalité réelle supposée pour le parc Ouest sur la saison de suivi est de l'ordre de 89 [17 ; 211] IC 80 % chauves-souris.

La mortalité réelle supposée pour le parc Est sur la saison de suivi est de l'ordre de 7 [0 ; 21] IC 80 % chauves-souris.

❖ Avifaune

Tableau 35 : Estimations de la mortalité réelle des chiroptères sur le parc éolien de Moréac

Parc entier					
Formule	Médiane	IC 2,5	IC 97,5	IC 0,10	IC 0,90
Erickson	35,5	0	90,28	12,31	69,01
Huso	44,75	0	114,26	16,11	86,24
Jones	49,66	0	126,08	17,58	96,49
Moyenne	43			12	96

Parc Est					
Formule	Médiane	IC 2,5	IC 97,5	IC 0,10	IC 0,90
Erickson	11,3	0	32,06	0	23,38
Huso	14,41	0	39,65	0	29,4
Jones	15,9	0	44,45	0	32,45
Moyenne	14			0	32

Parc Ouest					
Formule	Médiane	IC 2,5	IC 97,5	IC 0,10	IC 0,90
Erickson	24,22	0	73,72	0	53,03
Huso	30,59	0	91,18	0	66,82
Jones	33,78	0	102,66	0	74,05
Moyenne	30			0	74

Pour le parc entier, la mortalité réelle supposée pour l'avifaune est de l'ordre de 43 oiseaux sur la saison de suivi, avec un chiffre réel probablement situé entre 12 et 96 individus.

Plus précisément, la mortalité estimée pour chacune des deux entités ouest et Est du parc est la suivante :

La mortalité réelle supposée pour le parc Ouest sur la saison de suivi est de l'ordre de 30 [0 ; 74] IC 80 % oiseaux.

La mortalité réelle supposée pour le parc Est sur la saison de suivi est de l'ordre de 14 [0 ; 32] IC 80 % oiseaux.

VI.3.1.2 Évaluation par éolienne

Pour l'évaluation de la mortalité par éolienne c'est la moyenne des médianes des différentes simulations qui est retenue et idem pour l'intervalle de confiance à 80 % (Tableau 36).

❖ Chiroptères

La mortalité réelle supposée pour les chiroptères pour l'éolienne E1 est de l'ordre de 7 individus sur la saison de suivi, avec un chiffre réel probablement situé entre 1 (1 cadavre découvert) et 20 individus.

La mortalité réelle supposée pour les chiroptères pour l'éolienne E2 est de l'ordre de 19 individus sur la saison de suivi, avec un chiffre réel probablement situé entre 2 (2 cadavres découverts) et 56 individus.

La mortalité réelle supposée pour les chiroptères pour l'éolienne E3 est de l'ordre de 32 individus sur la saison de suivi, avec un chiffre réel probablement situé entre 1 (1 cadavre découvert) et 100 individus.

La mortalité réelle supposée pour les chiroptères pour l'éolienne E4 est de l'ordre de 7 individus sur la saison de suivi, avec un chiffre réel probablement situé entre 1 (1 cadavre découvert) et 19 individus.

La mortalité réelle supposée pour les chiroptères pour l'éolienne E5 est de l'ordre de 49 individus sur la saison de suivi, avec un chiffre réel probablement situé entre 4 (4 cadavres découverts) et 143 individus.

La mortalité réelle supposée pour les chiroptères pour l'éolienne E6 est de l'ordre de 8 individus sur la saison de suivi, avec un chiffre réel probablement situé entre 4 (4 cadavres découverts) et 24 individus.

Pour les éoliennes E7 et E8 aucun cas de mortalité n'est constaté ce qui ne permet pas de calculer la mortalité réelle.

Tableau 36 : Mortalité réelle supposée pour les chiroptères par éolienne sur le parc de Moréac

E1					
Formule	Médiane	IC 2,5	IC 97,5	IC 0,10	IC 0,90
Erickson	5,5	0	20,14	0	14,09
Huso	7,02	0	25,14	0	17,62
Jones	7,75	0	27,97	0	19,65
Moyenne	7			0	20

E2					
Formule	Médiane	IC 2,5	IC 97,5	IC 0,10	IC 0,90
Erickson	15,43	0	58,88	0	39,76
Huso	19,65	0	73,57	0	49,68
Jones	21,7	0	82,44	0	55,58
Moyenne	19			0	56

E3					
Formule	Médiane	IC 2,5	IC 97,5	IC 0,10	IC 0,90
Erickson	26,39	0	108,53	0	71,73
Huso	33,6	0	133,77	0	90,55
Jones	37,12	0	149,22	0	100,33
Moyenne	32			0	100

E4					
Formule	Médiane	IC 2,5	IC 97,5	IC 0,10	IC 0,90
Erickson	5,34	0	20,21	0	13,81
Huso	6,83	0	24,85	0	17,09
Jones	7,53	0	27,96	0	19,28
Moyenne	7			0	19

❖ Avifaune

La mortalité réelle supposée pour l'avifaune pour l'éolienne E1 est de l'ordre de 7 individus sur la saison de suivi, avec un chiffre réel probablement situé entre 1 (1 cadavre découvert) et 20 individus.

La mortalité réelle supposée pour l'avifaune pour l'éolienne E3 est de l'ordre de 32 individus sur la saison de suivi, avec un chiffre réel probablement situé entre 1 (1 cadavre découvert) et 100 individus.

La mortalité réelle supposée pour l'avifaune pour l'éolienne E5 est de l'ordre de 12 individus sur la saison de suivi, avec un chiffre réel probablement situé entre 1 (1 cadavre découvert) et 37 individus.

La mortalité réelle supposée pour l'avifaune pour l'éolienne E6 est de l'ordre de 8 individus sur la saison de suivi, avec un chiffre réel probablement situé entre 1 (1 cadavre découvert) et 8 individus.

La mortalité réelle supposée pour l'avifaune pour l'éolienne E8 est de l'ordre de 6 individus sur la saison de suivi, avec un chiffre réel probablement situé entre 1 (1 cadavre découvert) et 19 individus.

E5					
Formule	Médiane	IC 2,5	IC 97,5	IC 0,10	IC 0,90
Erickson	40,09	0	155,89	0	101,8
Huso	50,84	0	191,93	0	128,27
Jones	56,28	0	215,56	0	143
Moyenne	49			0	143

E6					
Formule	Médiane	IC 2,5	IC 97,5	IC 0,10	IC 0,90
Erickson	6,9	0	25,11	0	17,5
Huso	8,81	0	31,27	0	22,04
Jones	9,69	0	34,86	0	24,34
Moyenne	8			0	24

Pour les éoliennes E2, E4 et E7 aucun cas de mortalité n'est constaté ce qui ne permet pas de calculer d'estimation de la mortalité réelle.

Tableau 37 : Mortalité réelle supposée pour l'avifaune par éolienne sur le parc de Moréac

E1					
Formule	Médiane	IC 2,5	IC 97,5	IC 0,10	IC 0,90
Erickson	5,5	0	20,14	0	14,09
Huso	7,02	0	25,14	0	17,62
Jones	7,75	0	27,97	0	19,65
Moyenne	7			0	20

E3					
Formule	Médiane	IC 2,5	IC 97,5	IC 0,10	IC 0,90
Erickson	26,39	0	108,53	0	71,73
Huso	33,6	0	133,77	0	90,55
Jones	37,12	0	149,22	0	100,33
Moyenne	32			0	100

E5					
Formule	Médiane	IC 2,5	IC 97,5	IC 0,10	IC 0,90
Erickson	10,06	0	38,49	0	26,37
Huso	12,77	0	48,36	0	32,92
Jones	14,1	0	53,6	0	36,9
Moyenne	12			0	37

E6					
Formule	Médiane	IC 2,5	IC 97,5	IC 0,10	IC 0,90
Erickson	6,9	0	25,11	0	17,5
Huso	8,81	0	31,27	0	22,04
Jones	9,69	0	34,86	0	24,34
Moyenne	8			0	24

E8					
Formule	Médiane	IC 2,5	IC 97,5	IC 0,10	IC 0,90
Erickson	5,29	0	20,4	0	13,31
Huso	6,73	0	25,55	0	16,64
Jones	7,46	0	28,32	0	18,58
Moyenne	6			0	19

VI.3.2 Données disponibles pour l'analyse

VI.3.2.1 Vents et activité des éoliennes

Les horaires de coucher et de lever de soleil sur le parc de Moréac ont été pris en compte chaque jour pour définir 5 périodes (cf..1.1.4 -). La durée de période « journée » et de la nuit sont en conséquence variable, selon l'avancement des saisons.

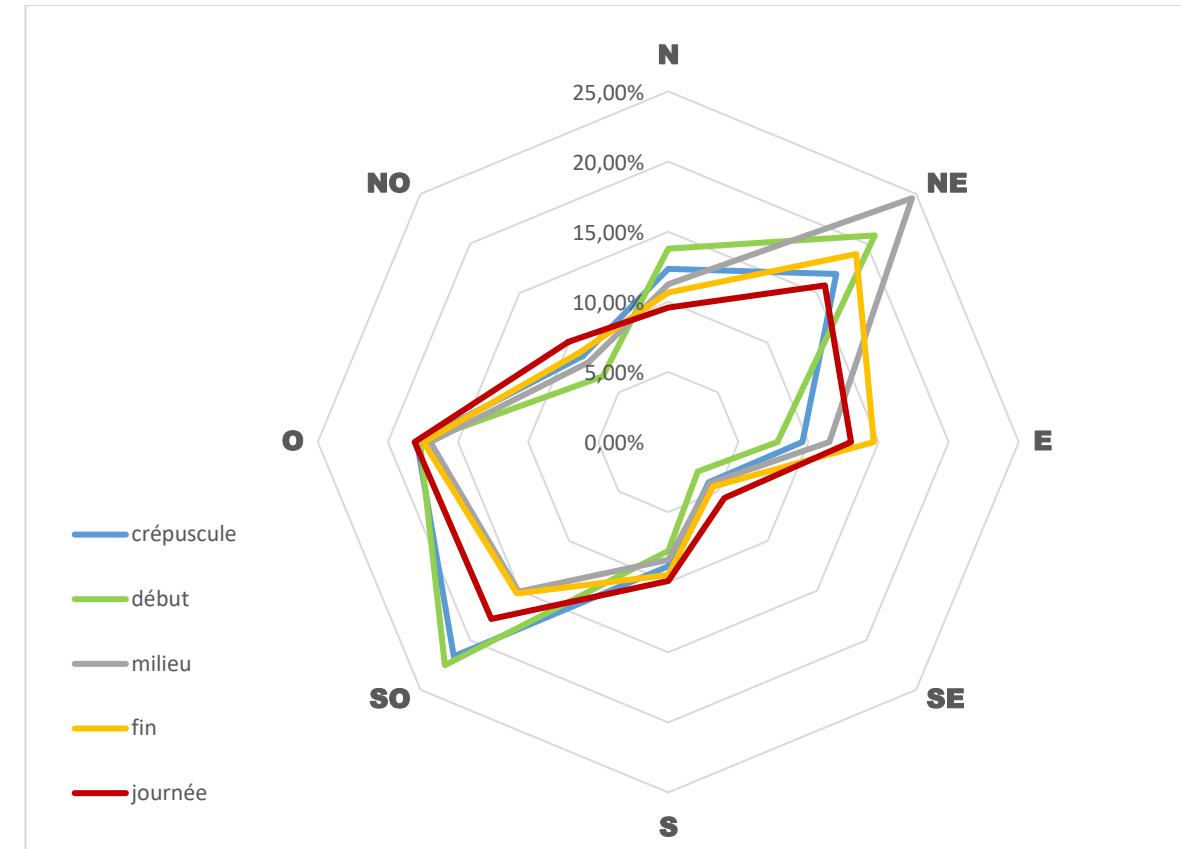


Figure 48 : Répartition du vent en fonction du moment de la nuit ou en période « journée ».

Deux orientations majeures des provenances de vent sont identifiées. Les vents provenaient donc en priorité du sud-ouest ou à l'opposé du nord-est.

Une différence entre les moments de la journée est à noter avec lors du crépuscule et du début de nuit plus de vent provenant du sud-ouest et à l'inverse en milieu de nuit plus de vent provenant du nord-est.

Les graphiques suivants représentent la répartition de la durée cumulée des vitesses de vent mesurées à chaque éolienne par classe de vent en début de nuit (-0,5h à +4 h du coucher du soleil) (graphique du haut) et pour toutes les périodes confondues (graphique du bas).

Les moyennes de vent sont calculées par tranche de 10 minutes. Les vitesses de vent sont classées de la manière suivante : classe 0 : vent de 0 m/s, classe 1 :]0 ; 1 m/s], classe 2 :]1 ; 2 m/s] ... Classe 13 :]12 ; 13 m/s], classe 14 : vent >14 m/s.

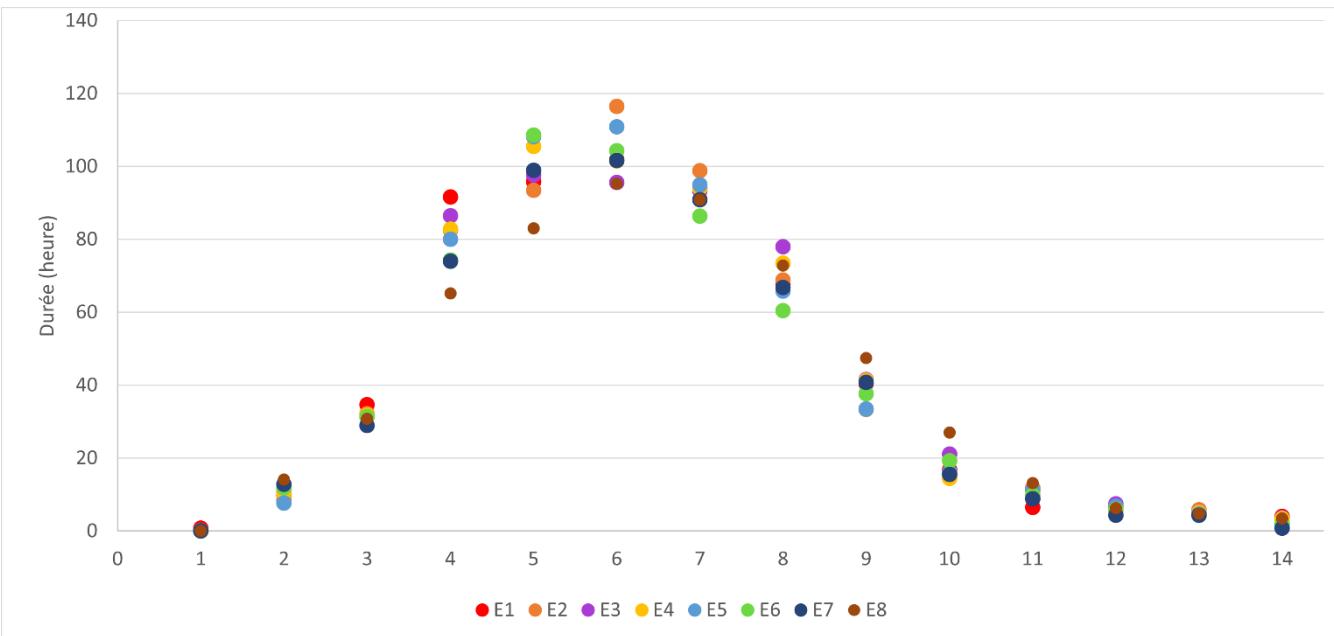


Figure 49 : répartition de la durée cumulée des vitesses de vent à chaque éolienne par classe de vitesse de vent en début de nuit (-0,5h à +4 h du coucher du soleil).

Les vents mesurés sont homogènes d'une éolienne à l'autre sauf au niveau de E8 où ils sont en moyenne plus forts.

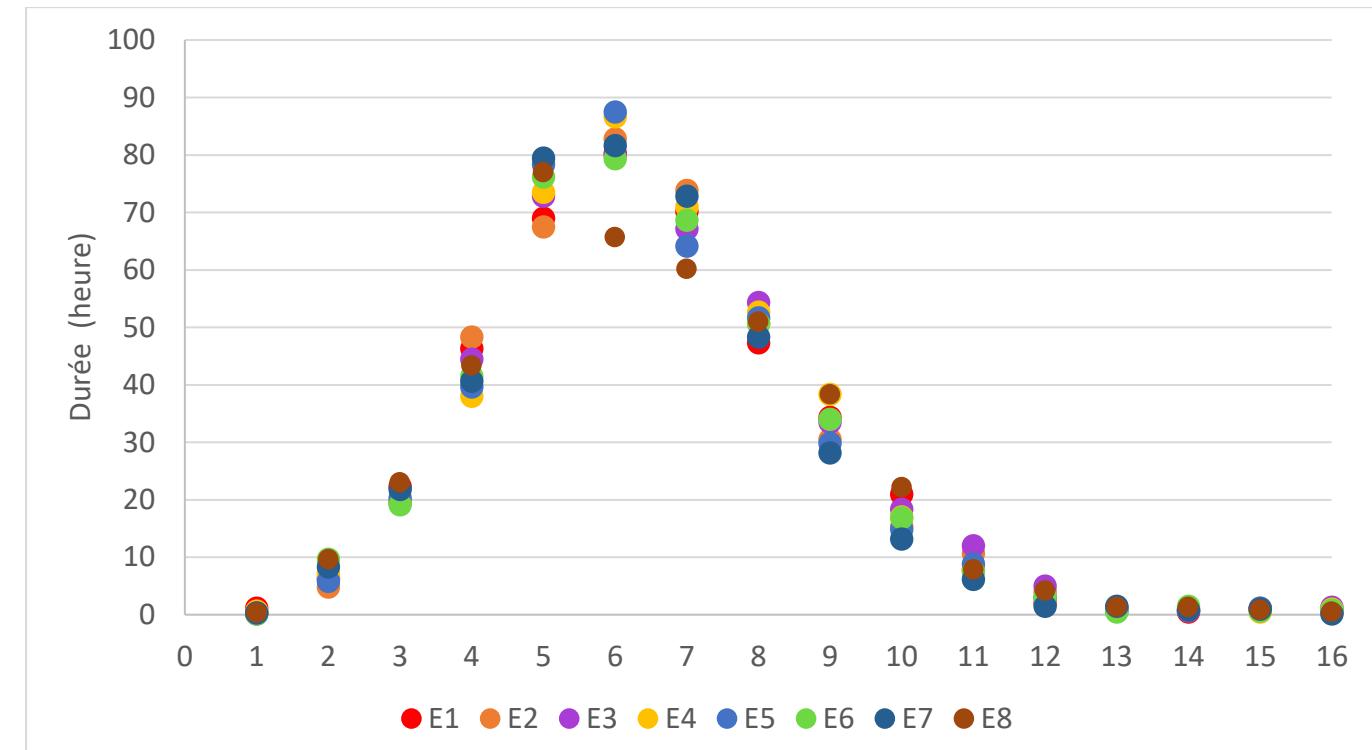


Figure 51 : Répartition des niveaux d'activité des éoliennes par classe d'activité en début de nuit (-0,5h à +4 h du coucher du soleil).

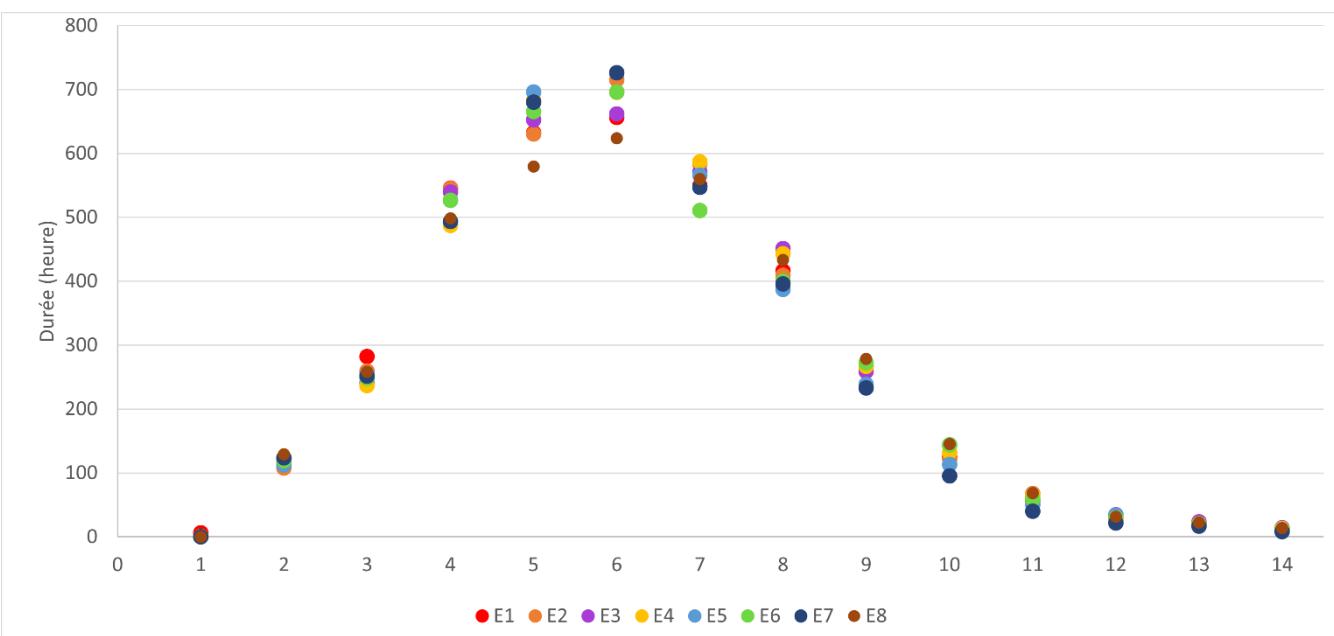


Figure 50 : répartition de la durée cumulée des vitesses de vent à chaque éolienne par classe de vitesse de vent, toutes périodes confondues

Sur la période de suivi, en première partie de nuit, le vent a rarement été très fort. Il n'a que rarement dépassé les 10 m/s. La médiane s'établit à 5,25 m/s. Une homogénéité des vitesses de vent entre les éoliennes est à noter.

Les graphiques suivants représentent la répartition des durées cumulées de fonctionnement des éoliennes par classe de vitesse de rotation en début de nuit (-0,5h à +4 h du coucher du soleil) (graphique du haut) et pour toutes les périodes confondues (graphique du bas).

Les moyennes d'activité sont calculées par tranche de 10 minutes. Les vitesses de rotation sont classées de la manière suivante : classe 0 : rotation de 0 tr/min, classe 1 :]0 ; 1 tr/min], classe 2 :]1 ; 2 tr/min],..., classe 15 :]14 ; 15 tr/min], classe 16 : >15 tr/min.

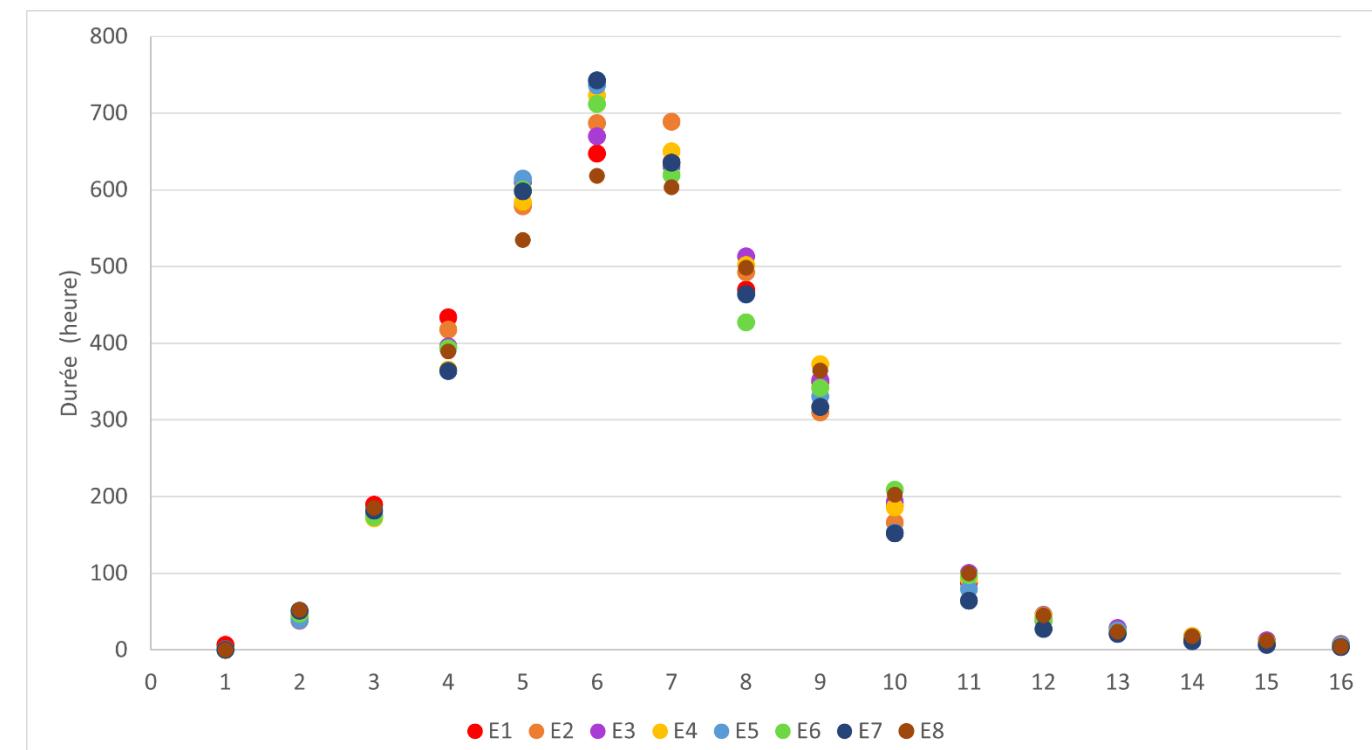


Figure 52 : Répartition des niveaux d'activité des éoliennes par classe d'activité, toutes périodes confondues

Le niveau d'activité des éoliennes est établi en fonction de la vitesse de rotation des pales.

La vitesse de rotation des pales est rapidement élevée même avec des vents réduits. Une rotation de 4 tr/min signifie une vitesse en bout de pale d'environ 70 km/h et une activité de 6 tr/min, classes de vitesse la plus fréquente, donne une vitesse en bout de pale de plus de 100 km/h.

L'éolienne E8 à une activité légèrement différente des autres éoliennes avec une activité plus forte (rotation des pales plus élevées) que les autres éoliennes, en lien avec le différentiel de vitesse de vent constaté au niveau de cette éolienne par rapport aux autres éoliennes (voir graphique précédent).

Le graphique suivant représente l'activité du rotor des 8 éoliennes en fonction de la vitesse du vent moyen enregistré.

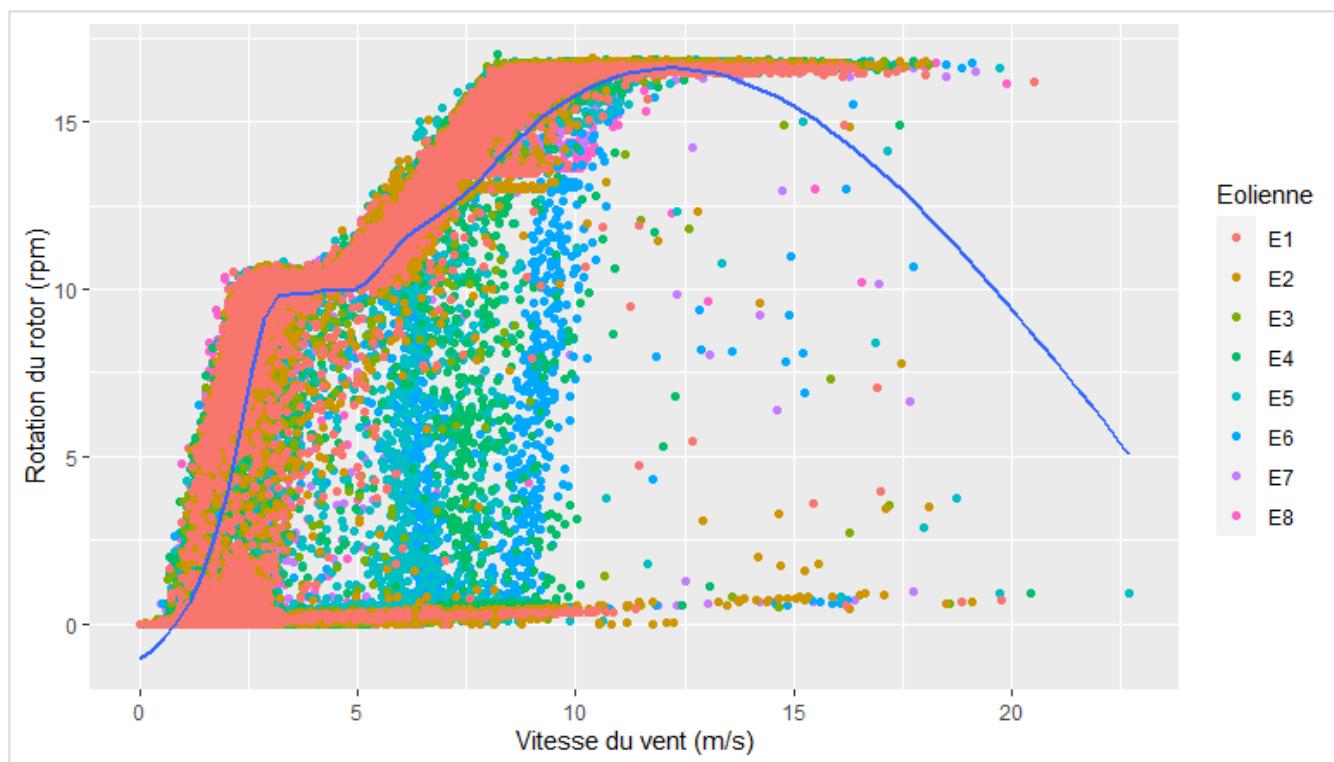


Figure 53 : Relation entre la vitesse du vent et la vitesse de rotation du rotor par tranche de 10 minutes avec application d'un modèle additif généralisé.

La relation entre vitesse du vent et vitesse de rotation du rotor met en évidence deux plateaux dans l'activité des éoliennes. Le premier est atteint assez rapidement, aux alentours de 10 tr/min pour des vents entre 3 et 5 m/s. Ce palier peut correspondre potentiellement à un bridage ou au maintien d'une vitesse de rotation optimale de 10 m/s. Le second palier à 17 tr/min correspond à la vitesse de rotation maximum des pales.

Les éoliennes E4, E5 et E6 semblent subir un bridage à certaines périodes pour des vitesses de vent inférieures à environ 6 m/s ou 8 selon les éoliennes.

Le passage de « danger faible » (voire nul) pour les chiroptères (donc rotation nulle ou peu marquée) à « danger important » (activité réelle des pales) se fait sur une variation faible du niveau de vent.

VI.3.2.2 Précipitation

Aucune donnée relative aux précipitations n'a été pu être communiquée sur la période de suivi.

VI.3.2.3 Température

Le suivi en nacelle des chiroptères a mis en évidence que 100 % des contacts de chiroptères se sont opérés au-delà d'une température de 14°C. Sur l'ensemble de la période suivi, lors de la nuit, 74 % du temps, la température est donc favorable aux chiroptères.

VI.4 Analyses

VI.4.1 Répartition par éolienne des cas de mortalité

Il est intéressant de regarder si l'environnement de chaque éolienne diffère et peut avoir un lien avec la mortalité réelle supposée. Le tableau ci-dessous mesure la distance minimale entre chaque éolienne et l'élément de relief du paysage le plus proche pouvant favoriser la présence d'oiseaux ou de chauve-souris.

Tableau 39 : Distances des éoliennes aux reliefs paysagers

Éolienne	Éléments de relief paysager le plus proche	Distance minimale
E1	Haie	20 m
E2	Haie	105 m
E3	Haie	30 m
E4	Haie	194 m
E5	Gîte anthropique	174 m
E6	Haie	11 m
E7	Haie	207 m
E8	Haie	136 m
E8	Haie	11 m

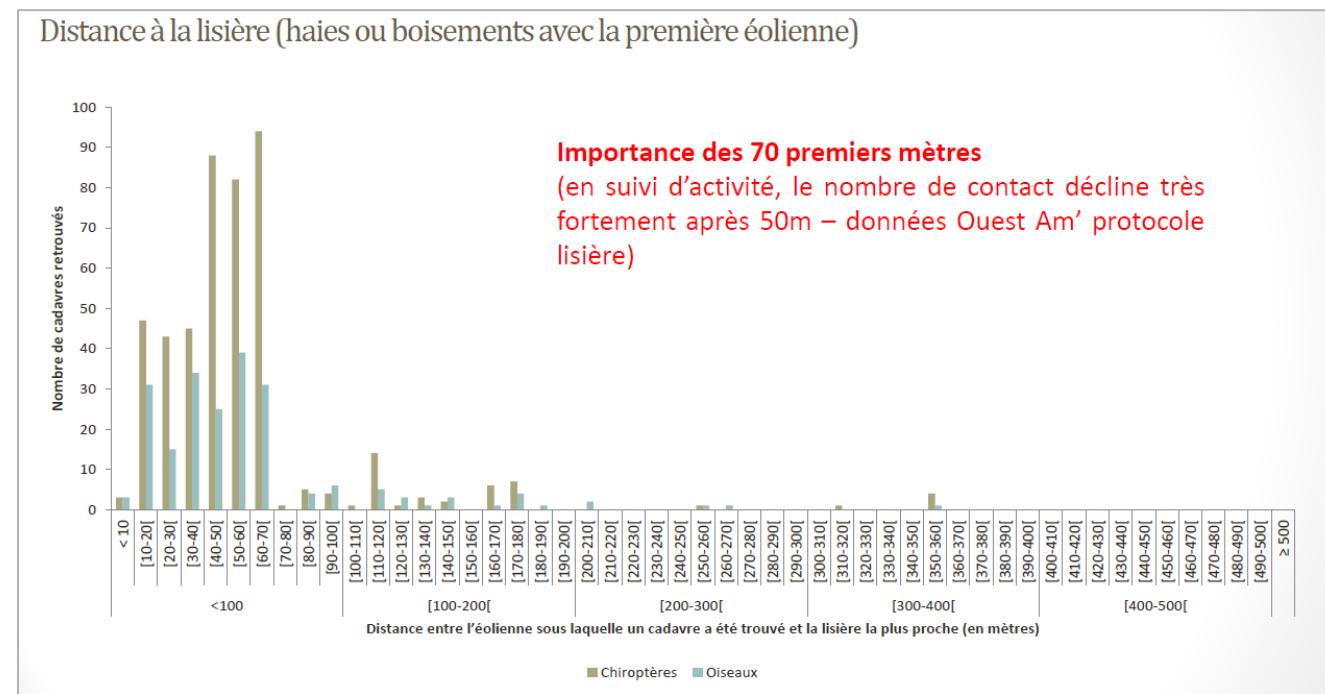
L'étude du bureau d'étude Ouest Aménagement (Normand & Coislot, Ouest Am., 2020) a montré que la grande majorité des éoliennes étudiées (349 au total) sous lesquelles un cadavre est recensé, est située à moins de 100 m d'une lisière ; c'est-à-dire d'une haie ou d'un boisement. L'étude met en avant l'importance des 70 premiers mètres dans la découverte de cas de mortalité.

Une seconde étude met en évidence que l'activité des chiroptères s'éloigne un peu plus des haies et lisières en été comparativement au printemps (Kelm *et al.*, 2014). Relié ceci aux émergences, migrations et recherches de partenaire des insectes plus forte en cette saison aussi bien proches des haies que plus éloignées peut en partie expliquer ce phénomène d'élargissement de couloir de chasse. Il est de plus démontré que la grande majorité des cas de mortalité de chauves-souris se font lors d'activité de recherche de nourriture (Foo *et al.*, 2017).

Sur le parc de Moréac, quatre éoliennes (éolienne E1, E3, E5 et E8) présentent une proximité éolienne-haie forte (moins de 30 m). Sur ces quatre éoliennes, 3 sont mortifères (E1, E3 et E5) et une (E5) présente une mortalité constatée et calculée très forte (4 pipistrelles retrouvées et une estimation de mortalité réelle de 49[4 ; 143]IC80% individus).

Le réseau de haies assez dense et la présence de haies proches de certaines éoliennes expliquent ainsi en partie les découvertes de cadavres. Les éoliennes de ce parc-ouest éloignées des haies mortifères peuvent potentiellement attirer des insectes qui voit cette structure comme le seul élément paysagé à l'alentour et s'y regroupent pour migrer (phénomène de « hill-topping ») ou rechercher un partenaire (Rydell *et al.*, 2010b). Ce

regroupement d'insectes peut attirer des chauves-souris en recherche de nourriture et donc augmenter le risque de collision pour ces éoliennes éloignées d'éléments paysagés semi-naturel.



VI.4.2.2 Avifaune

VI.4.2.2.1 *Corneille noire*

La corneille noire est une espèce abondante et très ubiquiste en termes de milieux de vie. Les cas de mortalité de cette espèce restent assez faibles, 14 cas en France et 104 au niveau européen (Dürr, 2021). Ainsi, pour cette espèce dont un cadavre est découvert le 24 mai, l'enjeu patrimonial, la sensibilité aux collisions et sa vulnérabilité, appuyés par le très bon état des populations, sont considérés comme « faibles ».

VI.4.2.2.2 *Epervier d'Europe*

Ce rapace diurne compte 1 cas de mortalité lors du suivi, le 17 mai, soit en période de nidification. Une dizaine de cas similaires sont comptabilisés dans la synthèse LPO (Marx G., 2017) pour un nombre de couples nicheurs en France de 43 100.

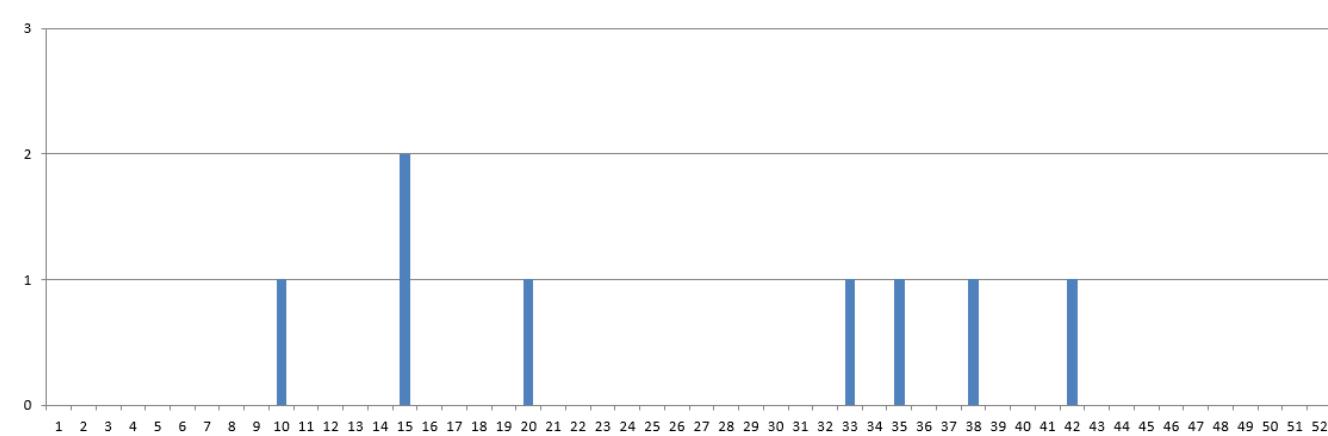


Figure 55 : Chronologie des découvertes d'épervier d'Europe au niveau national (Marx, 2017)

Enjeu :

Tableau 43 : Enjeu lié à l'épervier d'Europe

Nom commun	Nom scientifique	Directive Oiseaux	Liste rouge UICN Europe	Liste rouge UICN France nicheurs	Liste rouge Bretagne	RBR Nicheurs Bretagne	Enjeu régional de conservation
Épervier d'Europe	<i>Accipiter nisus</i>	-	LC	LC	LC	Elevée	Modéré

L'épervier d'Europe malgré son classement en espèce à « précaution mineure » sur toutes les listes rouges des oiseaux nicheurs, la responsabilité biologique élevée en Bretagne sur cette période du cycle biologique induit un enjeu patrimonial « modéré » pour l'espèce.

Sensibilité :

Cet oiseau démontre une grande agilité en vol, puisqu'il est capable de chasser en sous-bois. Cependant, les quelques cas de mortalité constatés au niveau national, le nombre assez réduit de la population de l'espèce et le taux de renouvellement assez faible de l'espèce décrivent un enjeu à éolien « modéré ».

Vulnérabilité :

L'association d'un enjeu « modéré » à une sensibilité « modérée » induit une vulnérabilité également « modérée ».

VI.4.2.2.3 *Goéland argenté*

Un seul cas de mortalité de cette espèce est constaté le 17 mai sur le parc au cours du suivi de 2021. Les populations de cette espèce sont en très bon état au niveau national. Les habitats alentour du parc ne peuvent pas attester d'un individu nicheur et donc son enjeu sur site est faible. Les risques de collisions des goélands sont « modérés » pour les parcs éloignés du littoral. Ainsi, la vulnérabilité face à l'éolien est « faible » pour ce parc éolien.

Il est à noter qu'un cas de mortalité antérieur avait été constaté en 2011 sur une autre espèce de goéland impliquant un adulte de goéland brun.

VI.4.2.2.4 *Mésange charbonnière*

Un seul cas de mortalité est constaté le 24 mai au cours du suivi de 2021. La mésange charbonnière est une espèce généraliste, présente de façon abondante sur l'ensemble du territoire français. Aucun cas de mortalité sur le territoire national n'est recensé aussi bien dans la compilation de Marx (2017) que de Dürr (2021). Les niveaux d'enjeu patrimonial sur site, de sensibilité à la collision et de vulnérabilité sont « faibles ».

VI.4.2.2.5 *Tourterelle turque*

Un seul cas de mortalité est constaté cette année sous les éoliennes du parc de Moréac le 26 juillet. Cette espèce qui est apparue pour la 1^{ère} fois en France en 1950 s'est répandue sur l'ensemble du territoire. Les cas de mortalité de cette espèce sont assez peu fréquents. L'enjeu, la sensibilité et donc la vulnérabilité de cette espèce à l'égard des collisions éoliennes sont « faibles ».

VI.4.3 Position des cadavres

Lorsqu'un animal est impacté par un aérogénérateur (percussion ou barotraumatisme), celui-ci est projeté, en principe en arrière du plan de rotation des pales. Selon la proximité des extrémités de pales, la vitesse de rotation et leur mouvement ascendant ou descendant par rapport au sol, la carcasse sera envoyée plus ou moins loin et plus ou moins sur les côtés.

Il n'est donc pas possible de faire un lien direct entre la position d'un cadavre et le fonctionnement de l'éolienne. Néanmoins, on peut estimer que statistiquement, il y a corrélation entre l'orientation générale de l'aérogénérateur et la disposition des cadavres. Les positions des cadavres par rapport à leur éolienne de découverte sont compilées autour d'un seul point (Figure 56).

Il n'est pas possible d'étudier les positions cardinales des chiroptères en fonction des mâts étant donné que presque toutes les chauve-souris (sauf une) ont été retrouvées sur la plateforme. En ce qui concerne les oiseaux avec seulement 5 cadavres ne suffisent pas à discriminer une orientation particulière des cadavres par rapport aux mâts.

Une étude s'appuyant sur un modèle balistique montre également que la distance potentielle de projection est corrélée avec le poids des cadavres (Hull & Muir, 2010) ; plus les individus sont grands et lourds plus ils peuvent être projetés loin des éoliennes. C'est ce qui semble être constaté sur le parc de Moréac où les oiseaux trouvés, plus lourds que les chiroptères sont découverts à plus longue distance de l'éolienne que les chiroptères.

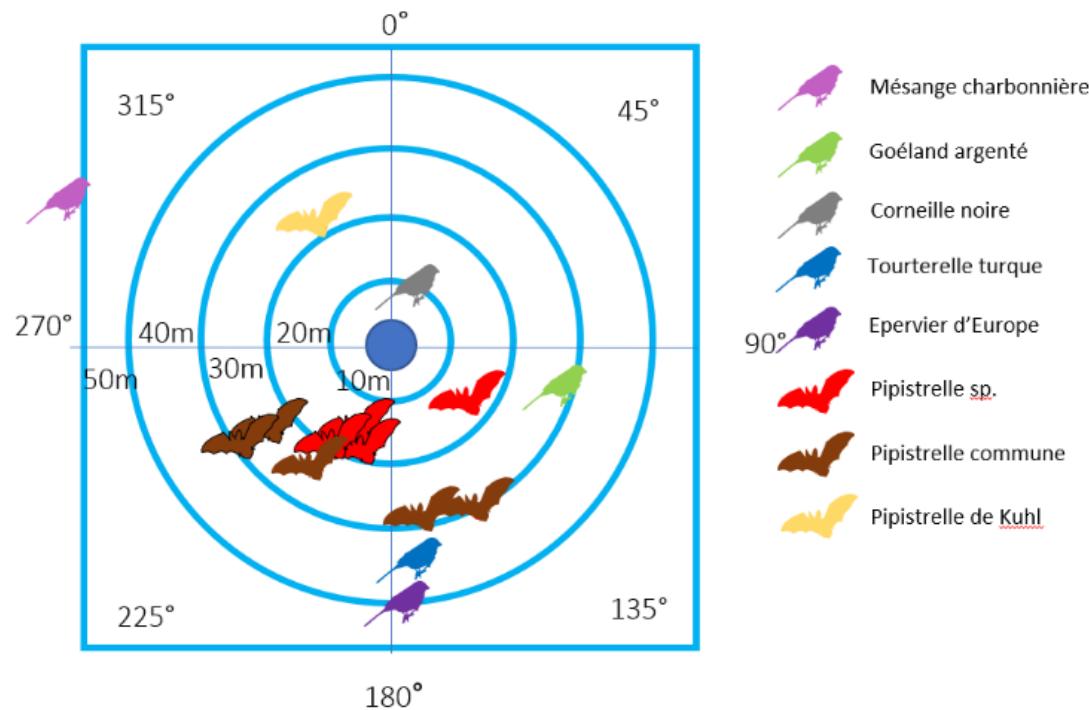


Figure 56 : Position des cadavres découverts autour des éoliennes (regroupement de toutes les éoliennes sur le même graphique)

Conclusion du suivi de mortalité de l'avifaune et des chiroptères

Le suivi de mortalité de l'avifaune et des chiroptères 2021 du parc de Moréac porte sur le suivi au sol des 8 éoliennes du parc des semaines 20 à 43.

En prenant en compte le suivi environnemental de 2021 et les précédents, **au moins cas de mortalité a été relevé** sur chaque éolienne.

Concernant les chiroptères, l'estimation de mortalité réelle calculée est de 88 [21 ; 197]IC80% cadavres. Les cas de mortalité sont principalement concentrés sur les éoliennes de l'ouest et sur la période de mi-juin à fin août (semaine 24 à la semaine 34). La densité de haies sur le parc ouest peut en partie expliquer cette concentration de mortalité.

Concernant l'avifaune, l'estimation de mortalité réelle calculée est de 43 [12 ; 96]IC80% cadavres. Quatre des cinq cas de mortalité sont découverts lors des deux premières semaines de suivi (semaine 20 et 21).

VII. PRISE EN COMPTE DU RISQUE DE MORTALITE

VII.1 Analyse du risque

Grâce à l'ensemble des suivis éoliens réalisés par Synergis Environnement, il a été mis en évidence le fait que les cas de mortalité coïncident avec de longues séquences favorables aux chiroptères (rarement avec de très courtes séquences favorables au milieu de périodes défavorables). Il est donc important de connaître les pourcentages de séquences à risque pour identifier les plages à risques vis-à-vis des chiroptères.

Rappel de la lecture du tableau ci-dessous (cf. III.3.6.2.1 p.18 III.3.6.2.2 p.19).

Ce tableau met en relation l'activité de l'éolienne et les vitesses de vent.

Si la moyenne de vent sur les tranches de 10 min étudiées est inférieure à 7 m/s, alors la séquence est considérée comme au minimum favorable. Le caractère favorable à très favorable est déterminé selon la valeur maximum du vent (valeur inférieure ou non à 7 m/s) ce qui indique si l'ensemble de la séquence de 10 min est optimal ou non (très favorable ou favorable). Pour la partie peu favorable et défavorable, cela se joue sur les valeurs supérieures à 7 m/s de vent.

Pour ce qui est des lignes de danger liées à l'activité des éoliennes, c'est le même principe avec comme valeur charnière 4 tr/min.

Tableau 44 : Répartition des séquences (sur la période -30 min à +4h du coucher du soleil) de début juin à fin octobre.

Danger lié à la rotation des pales	Condition de vent (7 m/s) et rotation du rotor (4 tr/min)				
	Parc ouest	Condition de vent pour l'activité des chiroptères			
		Défavorable	Peu favorable	Favorable	Très Favorable
Très élevé	4 %	12 %	15 %	11 %	42 %
Elevé	0 %	0 %	5 %	18 %	23 %
Faible	0 %	0 %	0 %	14 %	14 %
Très faible	0 %	0 %	0 %	15 %	15 %
Total	4 %	12 %	20 %	58 %	94 %

Danger lié à la rotation des pales	Condition de vent (7 m/s) et rotation du rotor (4 tr/min)				
	Parc est	Condition de vent pour l'activité des chiroptères			
		Défavorable	Peu favorable	Favorable	Très Favorable
Très élevé	3 %	14 %	15 %	9 %	41 %
Elevé	0 %	0 %	4 %	18 %	21 %
Faible	0 %	0 %	0 %	14 %	13 %
Très faible	0 %	0 %	0 %	15 %	14 %
Total	3 %	14 %	19 %	53 %	89 %

Risque de collision	Faible	Modéré	Fort	Très fort
---------------------	--------	--------	------	-----------

N.B. : les pourcentages totaux n'atteignent pas 100 % en raison de l'existence de données d'exploitation manquantes parmi les séquences enregistrées.

En prenant comme limite de vent maximal pour le vol des chiroptères la valeur de 7 m/s, ce qui correspond à 92 % des contacts enregistrés, et un seuil d'activation des éoliennes à 4 tr/min il est possible de mettre en évidence respectivement pour le parc de l'ouest et de l'est, 44 % et 42 % de périodes à risques au minimum fort pour la collision des chiroptères. Les différences entre éoliennes sont très limitées avec par exemple pour le parc ouest l'éolienne E5 qui présentent 47 % de périodes à risque au minimum fort et l'éolienne E2 42 %.

Cette analyse met en évidence qu'une grande partie de la période de début de nuit a été à risque pour les chiroptères.

VII.2 Réduction du risque

VII.2.1 Bridage par valeur seuil

Pour réduire les risques de mortalité, la solution la plus efficace est de supprimer le danger dans les conditions globalement favorables. C'est-à-dire de brider les éoliennes lorsque les conditions de vent sont optimales au vol des chiroptères (catégories favorable ou très favorable).

Pour rappel, il est constaté que les chiroptères sont essentiellement actifs (92 % de l'activité enregistrée) lorsque le vent souffle à moins de 7 m/s. Les mois d'activité des chiroptères les plus à risques sont de juin à septembre. En juin, le risque concerne surtout la pipistrelle de Nathusius. Les autres mois, ce sont les activités conjointes de la pipistrelle de Kuhl, de la pipistrelle commune et de la pipistrelle de Nathusius qui nécessitent une réduction du risque de collision. Les cas de mortalité étant observés principalement sous sur le parc ouest (9 cas de mortalité constatés sur 10), la réduction du risque n'est préconisée que sur E1, E2, E3, E4 et E5.

Il est présenté ci-dessous les portions de séquences à risques pour les chiroptères sur le début de nuit (-30 min à +4 h du coucher du soleil) sur la période de début juin à fin septembre.

Cette période représente 567 heures (sur la base d'un fonctionnement des éoliennes en période d'activité des chiroptères soit 4,5 heures par jour du 1^{er} juin au 30 septembre).

Tableau 45 : Répartition des séquences entre début juin et fin septembre (sur la période -30 min à +4h du coucher du soleil) ; en encadré rouge les périodes protégées si applications d'un bridage à 7 m/s.

Activité du rotor	Condition de vent (7 m/s) et rotation du rotor (4 tr/min)					Total
	E1	Défavorable	Peu favorable	Favorable	Très Favorable	
Très élevé	3 %	13 %	14 %	9 %	39 %	
Elevé	0 %	0 %	6 %	17 %	23 %	
Faible	0 %	0 %	0 %	14 %	14 %	
Très faible	0 %	0 %	0 %	16 %	16 %	
Total	3 %	13 %	20 %	56 %	92 %	

Activité du rotor	Condition de vent (7 m/s) et rotation du rotor (4 tr/min)					Total
	E2	Défavorable	Peu favorable	Favorable	Très Favorable	
Très élevé	4 %	11 %	16 %	11 %	42 %	
Elevé	0 %	0 %	5 %	19 %	24 %	
Faible	0 %	0 %	0 %	14 %	14 %	
Très faible	1 %	0 %	0 %	0 %	15 %	16 %
Total	5 %	11 %	21 %	59 %	96 %	

		E3	Défavorable	Peu favorable	Favorable	Très Favorable	Total
Activité du rotor	Très élevé	4 %	14 %	15 %	11 %	44 %	
	Elevé	0 %	0 %	3 %	16 %	19 %	
	Faible	0 %	0 %	0 %	14 %	14 %	
	Très faible	1 %	0 %	0 %	16 %	17 %	
	Total	5 %	14 %	18 %	57 %	94 %	
		E4	Défavorable	Peu favorable	Favorable	Très Favorable	Total
Activité du rotor	Très élevé	4 %	13 %	14 %	10 %	41 %	
	Elevé	0 %	0 %	6 %	18 %	24 %	
	Faible	0 %	0 %	0 %	15 %	15 %	
	Très faible	0 %	0 %	0 %	15 %	15 %	
	Total	4 %	13 %	20 %	58 %	95 %	
		E5	Défavorable	Peu favorable	Favorable	Très Favorable	Total
Activité du rotor	Très élevé	4 %	11 %	16 %	12 %	43 %	
	Elevé	0 %	0 %	3 %	19 %	22 %	
	Faible	0 %	0 %	0 %	13 %	13 %	
	Très faible	0 %	0 %	0 %	15 %	15 %	
	Total	4 %	11 %	19 %	59 %	93 %	

Risque de collision	Faible	Modéré	Fort	Très fort
---------------------	--------	--------	------	-----------

Cette analyse de réduction de risque basée sur les données d'activité de cette année met en évidence qu'environ 42 à 47 % des périodes de début de nuit entre le début juin et fin septembre en début de nuit présentent des risques de collisions au minimum fort.

Le tableau suivant présente les résultats d'une simulation de bridage sur l'activité sur la base du jeu de données exploitables sur les périodes considérées (du 1^{er} juin au 30 septembre et de -30 min à +4h par rapport à l'heure du coucher du soleil.)

Les valeurs en gras correspondent au volume d'heures de production (vitesse de rotation du rotor de plus de 4 tours /minute) qui sont concernées par le bridage.

Tableau 46 : simulation d'impact du bridage avec le jeu de données de vents de température et d'activité du rotor en 2021

Température pour vol des chiroptères	Danger lié à la rotation des pales	Séquence de vol pour les chiroptères (en heures)			Parc ouest	
		Défavorable	Peu favorable	Favorable		
Favorable	Très élevé	48	282	379	265	973
	Elevé	0	2	121	449	572
	Peu élevé	0	0	0	358	358
	Très faible	0	0	0	399	399
Défavorable	Très élevé	61	71	52	38	222
	Elevé	0	1	8	54	62
	Peu élevé	0	0	0	39	39
	Très faible	0	0	0	34	34
Valeur manquante		177			177	
Total de séquences (en heures)		109	356	558	1635	2835

Activation du bridage

Eolienne en production

Il est réalisé une simulation fictive de bridage sur la période du 1^{er} juin au 30 septembre en 2021, sur l'ensemble des éoliennes E1, E2, E3, E4 et E5 (partie ouest du parc) et uniquement sur le début de nuit (période de -30 min à +4 h du coucher du soleil) avec comme caractéristiques l'application du bridage lorsque le vent est inférieur à 7 m/s et la température supérieure à 15°C.

Dans ces conditions, les éoliennes étaient en production lors de 1829 h de la période d'étude (ensemble des cases en vert) dont 1213 h se sont réalisées avec une température supérieure à 15°C.

Le volume d'heures de bridage simulées pour l'éolienne E2 est plus faible que pour les autres éoliennes. Cela peut s'expliquer par les plus faibles températures enregistrées à E2 (- de 15°C).

Tableau 47 : Synthèse de la simulation de bridage sur la durée de production pour chaque éolienne

Eolienne	Volume d'heures étudié	Volume d'heures de production sur la période considérée	Volume d'heures de production sous bridage
E1	567	356	245 ^[SN1]
E2		373	182
E3		365	255
E4		369	261
E5		366 ^[SN2]	269

S'il est appliqué cette simulation sur toute la période du suivi c'est-à-dire du 17 mai au 31 octobre, le bridage induirait une réduction de la période de production d'environ 9,6 % sur le parc ouest.

Les caractéristiques de bridage à retenir sont les suivantes :

Tableau 48 : Mesures de bridage proposées

Période	Du 1er janvier au 31 mai	Du 1er juin au 30 septembre	Du 1er octobre au 31 décembre
Eoliennes	Pas de bridage	E1, E2, E3, E4, E5	Pas de bridage
Vent		< 7 m/s	
Pluie		Pas de pluie	
T°		>15°C	
Horaire de mise en application		-0h30 à +4 h par rapport au coucher du soleil	

Un suivi de la mortalité sur l'ensemble du parc éolien en 2022 sera mis en œuvre selon le protocole 2018 et permettra d'évaluer l'efficacité du dispositif, voire d'adapter son fonctionnement le cas échéant.

[BB3]

VII.2.2 Bridage par système multifactoriel (ProBat)

BayWa r.e. envisage de mettre en place un dispositif de régulation pour la préservation des chiroptères de type ProBat (Sens Of Life) sur l'ensemble du parc éolien visant à préserver au moins 90% de l'activité des chiroptérologique (engagements du fournisseur).

Ce dispositif vise à enregistrer les chiroptères en nacelle et réguler les éoliennes en fonction de l'activité enregistrée, il se substituera donc au bridage sur seuil initialement mis en place sur ce parc depuis 2020. La figure en page suivante permet de comprendre le principe de fonctionnement du système.

Ainsi, « les sons détectés par le TrackBat en nacelle sont analysés automatiquement en temps réel et seul l'indice d'activité (nombre de contacts par minute, toutes espèces confondues) est transmis vers le serveur Sens Of Life centralisant les risques. Il utilise cette donnée pour pondérer le risque de collision, défini théoriquement par l'activité en temps réel, dans l'objectif de préserver 90 % des contacts de chiroptères enregistrés. Ainsi, si durant les 60 dernières minutes, 6 minutes ont enregistré une activité de chiroptères, le risque dépasse alors 10 % et l'éolienne est mise à l'arrêt. Cette moyenne est glissante sur la durée. » (Source : Sens Of Life).

Le suivi de l'activité sera effectué par deux enregistreurs collectant l'activité ultrasonore en nacelle des éoliennes E2 et E5 qui permettront de réguler l'ensemble du parc éolien.

BayWa re possède un bon retour d'expérience sur ce dispositif puisque celui-ci est installé depuis 2018, avec une régulation activée depuis 2020, sur un parc de 4 éoliennes dans le Morbihan. Deux éoliennes ont été équipées par ce dispositif qui permet de brider l'ensemble des 4 éoliennes depuis le printemps 2020, avec une réduction significative de la mortalité (seulement 2 cas recensés sur toute l'année 2020 et l'ensemble des éoliennes prospectées selon le protocole de suivi 2018).

Ce dispositif a permis en 2020 de préserver 90,3% de l'activité des chiroptères sur le site, avec une perte de production de l'ordre de 0,5%.

L'association de protection des chiroptères Amikiro, qui a réalisé le suivi mortalité en 2020, a donc recommandé la poursuite du bridage par ProBat compte tenu de son efficacité.

VIII. BILAN

Le parc éolien de Moréac exploité par BayWa r.e. FRANCE, se situe dans un contexte agricole (bocage ouvert), dans le centre du Morbihan. Le parc se compose de deux entités ouest et est, respectivement composées de 5 et 3 machines.

Le suivi de mortalité des oiseaux et des chiroptères a été mené de la semaine 20 à 43 en 2021. Il met en avant la **mortalité de dix chiroptères**, 9 sur le parc ouest et 1 sous le parc est. **L'estimation de la mortalité réelle est de 88 [21 ; 197]IC80% chauves-souris.**

Ce suivi a également permis de découvrir cinq cas de mortalité d'oiseaux. **L'estimation de la mortalité réelle est de 43 [12 ; 96]IC80% oiseaux.**

Le suivi en nacelle des chiroptères du parc de Moréac s'est fait entre les semaines 20 et 43 sur l'éolienne E8. Il met en évidence une **activité faible sur l'ensemble de la saison à l'exception d'un pic d'activité au mois de septembre**, période de migration.

Cinq espèces ont été enregistrées, trois du genre *Pipistrellus* et deux du genre *Nyctalus*. Celles-ci ont toutes un niveau de sensibilité fort à l'éolien. La vulnérabilité sur site des espèces migratrices (pipistrelle de *Nathusius*, noctule commune) est évaluée comme « forte » tandis que la vulnérabilité des autres espèces est considérée comme « assez forte ».

Compte tenu de l'augmentation de l'activité des chiroptères en période estivale, de la sensibilité « forte » des espèces à l'éolien et de la découverte de quatre cadavres de chiroptères d'août à septembre, nous préconisons par conséquent un bridage de l'ensemble des éoliennes du parc sur cette période.

La distance entre les deux groupes d'éoliennes (plus de 2,2 km) incite à prendre du recul sur l'activité des chiroptères enregistrée étant donné que la mortalité des chiroptères est principalement constatée sous les éoliennes de l'ouest ce qui peut suggérer une activité chiroptérologique supérieure à celle enregistrée à l'est (E8). Pour rappel, l'activité chiroptérologique enregistrée au niveau de l'éolienne E8 est considérée comme très faible.

Bridge préconisé par SYNERGIS ENVIRONNEMENT

La synthèse combinée de l'analyse des cas de mortalité et de l'activité des chiroptères nous conduit à préconiser un bridage des éoliennes de l'entité ouest selon les caractéristiques suivantes:

Période	Du 1er janvier au 31 mai	Du 1er juin au 30 septembre	Du 1er octobre au 31 décembre
Eolienne		E1, E2, E3, E4, E5	
Vent	Pas de bridage	< 7 m/s	Pas de bridage
Pluie		Pas de pluie	
T°		>15°C	
Horaire de mise en application		-0h30 à +4 h du coucher du soleil	

Nous recommandons de renouveler un **suivi environnemental pour l'année 2022 (suivi de mortalité)** afin d'évaluer l'efficacité des mesures de bridage sur la collision des chiroptères. De façon à mieux appréhender les risques de collision notamment avec les chiroptères, nous préconisons un **suivi en nacelle sur l'éolienne E5**. En effet, cette éolienne proche d'une haie et d'un boisement très favorables au déplacement des chiroptères a été la plus mortifère en 2021.

Ceci induit qu'il ne sera pas possible de comparer directement les données de suivis en nacelle de 2021 et 2022. Cependant les enjeux pour les chiroptères semblent se concentrer sur les éoliennes de l'ouest (E1, E2, E3, E4 et E5) et moins sur celles de l'est (E6, E7 et E8) là où était placé l'enregistreur en 2021.

IX. BIBLIOGRAPHIE

- BARATAUD, M., 2015. **Acoustic ecology of European bats. Species Identification, Studies of Their Habitats and Foraging Behaviour.** Biotope, Mèze; Muséum national d'histoire naturelle, Paris (Inventaires et biodiversité Series), 352 p.
- BOONMAN, A. M., LIMPENS H.J.G.A. & VERBOOM B., 1995. – The influence of landscape elements on the echolocation of the pond bat *Myotis dasycneme*. – *Rhinolophe* 11, 39-40.
- CRYAN P. M. & BARCLAY R. 2009. Causes of bat fatalities at wind turbines: hypotheses and predictions. *Journal of Mammalogy*. Vol.90, n°6. p. : 1330-1340.
- DULAC P., 2008. Évaluation de l'impact du parc éolien de Bouin (Vendée) sur l'avifaune et les chauves-souris. Bilan de 5 années de suivi. LPO délégation Vendée / ADEME Pays de la Loire / Conseil régional des Pays de la Loire, La Roche-sur-Yon. Nantes. 106p.
- DÜRR T., 2020. Fledermausverluste an Windenergieanlagen. Daten aus der zentralen Fundkartei der Staatlichen Vogelschutzwarte im Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg. Septembre 2020.
- EUROBATS, 2014. – Lignes directrices pour la prise en compte des chauves-souris dans les projets éoliens. Actualisation 2014. – EUROBATS Publications Series N°6 (version française). UNEP/EUROBATS Secrétariat, Bonn, Allemagne, 133 p.
- FOO CF, BENNETT VJ, HALE AM, KORSTIAN JM, SCHILDT AJ, WILLIAMS DA. 2017. Increasing evidence that bats actively forage at wind turbines. *PeerJ* 5: e3985.
- JOHNSON, G. D., PERLIK, M. K., ERICKSON, W. P., & STRICKLAND, M. D., 2004. Bat activity, composition, and collision mortality at a large wind plant in Minnesota. *Wildlife Society Bulletin*, 32(4), 1278-1288.
- KELM, D. H., LENSKI, J., KELM, V., TOELCH, U., & DZIOCK, F. (2014). Seasonal bat activity in relation to distance to hedgerows in an agricultural landscape in central Europe and implications for wind energy development. *Acta Chiropterologica*, 16(1), 65-73
- LONG C.V., FLINT J.A. & LEPPER P.A. 2011. Insect attraction to wind turbines: does colour play a role? *Eur. J. Wildl. Res.*, published online.
- MARX G., 2017. Le parc éolien français et ses impacts sur l'avifaune – Etude des suivis de mortalité réalisés en France de 1997 à 2015 – LPO France.
- ERICKSON W., STRICKLAND D., JOHSON G. & KERN W., 2000. Examples of statistical methods to assess risk of impacts to birds from wind plants – National Avian, Wind Power Planning Meeting III – San Diego, California, p 172 -182.
- MONTGOMERY, I., CARUSO, T., & REID, N., 2020. Hedgerows as Ecosystems: Service Delivery, Management, and Restoration. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 51, 81-102.
- MORRIS, A. D., MILLER, D. A., & KALCOUNIS-RUEPPELL, M. C., 2010. Use of forest edges by bats in a managed pine forest landscape. *The Journal of Wildlife Management*, 74(1), 26-34.
- MOTTE & LIBOIS, 2002. Conservation of the lesser horseshoe bat (*Rhinolophus hipposideros* Bechstein, 1800) (Mammalia: Chiroptera) in Belgium. A case study of feeding habitat requirements. *Belg. J. Zool.*, 132 (1) : 49-
- MTES, 2018. – Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres. – 19 p.
- LPO, 2004 (révision en août 2009). Protocoles de suivis pour l'étude des impacts d'un parc éolien sur l'avifaune. Programme national Eolien et Biodiversité ADEME-MEEDDM-SER/FEE-LPO
- Ouest Am', 2019. Impacts des éoliennes sur les oiseaux et les chiroptères de l'ouest de la France : étude des suivis de mortalité de 2010 à 2019. Ouest Aménagement.
- RODRIGUES, L., L. BACH, M.-J. DUBOURG-SAVAGE, B. KARAPANDZA, D. KOVÁČ, T. KERVYN, J. DEKKER, A. KEPEL, P. BACH, J. COLLINS, C. HARBUSCH, K. PARK, B. MICEVSKI, J. MINDER-MANN, 2015. Lignes directrices pour la prise en compte des chauves-souris dans les projets éoliens. Actualisation 2014. EUROBATS Publication : séries N° 6 (version française). UNEP/EUROBATS Secrétariat, Bonn, Allemagne, 133 p.
- a) RYDELL J., BACH L., DUBOURG-SAVAGE M.J., GREEN M., RODRIGUES L. & HEDENSTRÖM A. 2010. Mortality of bats at wind turbines in northwestern Europe. *Acta Chiropterologica* 12(2), 261-274.
- b) RYDELL, J., BACH, L., DUBOURG-SAVAGE, MJ., GREEN M., RODRIGUES L., & HEDENSTROM A., 2010. Mortality of bats at wind turbines links to nocturnal insect migration? *Eur J Wildl Res* 56, 823-827.
- SIEMERS B.M. & SCHNITZLER H.-U., 2000. – Natterer's bat (*Myotis nattereri* Kuhl, 1818) hawks for prey close to végétation using ecolocation signals of very broad bandwidth. – *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 47: 400-412.
- STEEN, H., MYSTERUD, A., & AUSTRHEIM, G., 2005. Sheep grazing and rodent populations: evidence of negative interactions from a landscape scale experiment. *Oecologia*, 143(3), 357-364.
- IUCN France, MNHN, SFEPM & ONCFS, 2017. La Liste rouge des espèces menacées en France – Chapitre Mammifères de France métropolitaine. Paris, France.
- WEICKERT CC, WHITTAKER JC, FELDHAMER GA, 2001. Effects of enclosed large ungulates on small mammals at land between the lakes, Kentucky. *Canadian Field Naturalist* :115:247-250.

X. ANNEXES

X.1 Photos des cadavres découverts lors de la campagne de suivi 2021

Date	17/05/2021	17/05/2021	24/05/2021
Photo			
Espèce	Epervier d'Europe <i>Accipiter nisus</i>	Goéland argenté <i>Larus argentatus</i>	Mésange charbonnière <i>Parus major</i>
Éolienne	E1	E6	E3
Classe d'âge	Adulte	Adulte	Indéterminé

Date	24/05/2021	14/06/2021	14/06/2021
Photo			
Espèce	Corneille noire <i>Corvus corone</i>	Pipistrelle de Kuhl <i>Pipistrellus kuhlii</i>	Pipistrelle sp. <i>Pipistrellus sp.</i>
Éolienne	E8	E3	E6
Classe d'âge	Indéterminé	Indéterminé	Indéterminé

Date	26/06/2021	16/08/2021	16/08/2021
Photo			
Espèce	Tourterelle turque <i>Streptopelia decaocto</i>	Pipistrelle commune <i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrelle sp. <i>Pipistrellus sp.</i>
Éolienne	E6	E1	E5
Classe d'âge	Indéterminé	Indéterminé	Indéterminé

Date	16/08/2021	16/08/2021	16/08/2021
Photo			
Espèce	Pipistrelle sp. <i>Pipistrellus sp.</i>	Pipistrelle sp. <i>Pipistrellus sp.</i>	Pipistrelle commune <i>Pipistrellus pipistrellus</i>
Éolienne	E5	E5	E5
Classe d'âge	Indéterminé	Indéterminé	Indéterminé

Date	23/08/2021	23/08/2021	23/08/2021
Photo			
Espèce	Pipistrelle commune <i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrelle commune <i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrelle commune <i>Pipistrellus pipistrellus</i>
Éolienne	E2	E2	E4
Classe d'âge	Indéterminé	Indéterminé	Indéterminé

X.2 [BB4] Déclaration de mortalité

Parc éolien de Moréac (56)

TABLES DES MATIERES

I.	Contexte.....	3
I.1	<i>Cadre réglementaire</i>	3
I.2	<i>Installation.....</i>	3
I.3	<i>Auteur de l'étude</i>	3
II.	Déclaration de mortalité accidentelle.....	4
II.1	<i>Conditions de la découverte</i>	4
II.2	<i>Localisation des cadavres.....</i>	5
II.3	<i>Photographies.....</i>	6
III.	Mesure préconisée	7

Déclaration de mortalité accidentelle liée au fonctionnement d'un parc éolien

Date du rapport : 18 août 2021

2

I. CONTEXTE

I.1 Cadre réglementaire

Selon l'article R.512-69 du Code de l'Environnement, « l'exploitant d'une installation soumise à autorisation ou à déclaration est tenu de déclarer, dans les meilleurs délais, à l'inspection des installations classées les accidents ou incidents survenus du fait du fonctionnement de cette installation qui sont de nature à porter atteinte aux intérêts mentionnés à l'article L. 511-1.

Un rapport d'accident ou, sur demande de l'inspection des installations classées, un rapport d'incident est transmis par l'exploitant à l'inspection des installations classées. Il précise, notamment, les circonstances et les causes de l'accident ou de l'incident, les effets sur les personnes et l'environnement, les mesures prises ou envisagées pour éviter un accident ou un incident similaire et pour en pallier les effets à moyen ou à long terme. »

I.2 Installation

La Société BAYWA r.e. exploite actuellement le parc éolien de MOREAC sur la du même nom (56). Dans le cadre de son exploitation et conformément à l'Arrêté d'exploitation, un suivi doit être mené tous les 10 ans, soit en 2021. Un suivi a été mené en 2016 et a mis en avant un impact des éoliennes considéré comme faible pour les chiroptères et l'avifaune.

Ce parc éolien fait l'objet d'un suivi de mortalité en cours sur la période allant de mai à octobre 2021.

I.3 Auteur de l'étude

Le suivi et le présent document sont réalisés par le bureau d'études SYNERGIS ENVIRONNEMENT



Nom	Qualité
Sébastien NEDELLEC	Chargé de projet

II. DECLARATION DE MORTALITE ACCIDENTELLE

II.1 Conditions de la découverte

Date de découverte : 16/08/2021

Date d'identification de l'espèce : 16/08/2021

Espèce : Pipistrelle sp *Pipistrellus sp* (très probable Pipistrelle commune *Pipistrellus pipistrellus* ; cette espèce est celle qui a été la plus détectée lors du précédent suivi). Toutes les espèces de chiroptères sont protégées en France (article 2 de l'arrêté du 23 avril 2007).

Nombre d'individus : 4

Sexe : Indéterminé

Âge : Adulte

Coordonnées du lieu de découverte (Lambert 93) : 268650,28 ; 6776648,84

Eolienne impliquée : E5

Caractéristiques : pas de système détection/effarouchement, pas de bridage

Direction par rapport à l'éolienne : sud

Distance par rapport à l'éolienne (en mètres) : individus situés à une distance comprise entre 15 m et 23 m, respectivement pour le plus proche et le plus éloigné

Cause probable de la mort : barotraumatisme

Estimation de la date de la mort : Entre le 9 et 16 août 2021, dates des deux passages. Vu l'état des cadavres, nous pouvons estimer la date de la mort entre 4 et 7 jours avant la découverte.

Cadavre conservé : non

Facteurs complémentaires ayant pu entraîner ou faciliter cette mortalité :

L'éolienne E5 est implantée à proximité immédiate d'une haie bocagère (la lisière de la haie est, au plus près, à 7 m) qui constitue un milieu favorable au déplacement et à la recherche alimentaire des chiroptères.

Les conditions météorologiques seront analysées à l'issue du suivi, selon les données météorologiques disponibles.

II.2 Localisation des cadavres



II.3 Photographies



Photographies des 4 individus trouvés sous l'éolienne E5

III. MESURE RECOMMANDÉE

Nous recommandons, à ce stade, la mise en œuvre d'une mesure d'urgence destinée à réduire les incidences de l'éolienne E5 sur les chiroptères, compte tenu du nombre important de pipistrelles constaté en une seule visite.

Cette mesure permet de réduire les impacts par collision et barotraumatisme pour les chiroptères en programmant le fonctionnement des éoliennes lors des périodes critiques d'activité des chauves-souris.

Période d'activité

Afin d'être sûr de couvrir au mieux l'activité des chiroptères, le bridage devra être effectif le plus tôt possible et ce, jusqu'au 30 octobre.

Heures d'activités

L'activité des chiroptères varie en fonction des heures de la nuit. Elle est plus importante sur les 4 heures suivant le coucher du soleil avant de diminuer sur mât de mesure. En canopée, elle est plutôt homogène sur la nuit avec une activité moins importante en début de nuit.

Afin d'être sûr de couvrir au mieux l'activité des chiroptères, le bridage sera établi pendant toutes les heures de la nuit soit du coucher du soleil au lever du soleil. 100% des heures de la nuit sont couvertes par le bridage.

Activité en fonction des conditions météorologiques

Par retour d'expérience, la majorité des contacts de chiroptères en canopée et sur mât de mesure sont enregistrés lors de vents globalement inférieurs à 6 m/s, pour des températures supérieures à 11°C et en l'absence de pluie marquée.

Les paramètres du bridage à respecter pour l'éolienne E5 en 2021 sont synthétisés ci-dessous.

Éolienne	Paramètres
E5	Bridage de mi-août au 30 octobre ; Toute la nuit sur toute la saison ; A partir de 11°C et au-delà ; Par des vents < 6 m/s ; En l'absence de pluie marquée.

Dans le cadre du suivi réalisé en 2021 sur le parc de Moréac, l'activité des chiroptères fait l'objet d'un enregistrement en nacelle. Il est possible de corrélérer l'activité des chiroptères aux paramètres météorologiques sur différentes plages de temps. Ainsi, le bridage pourra être affiné en fonction des données météorologiques enregistrées et, le cas échéant, de l'activité chiroptérologique enregistrée en nacelle.

Les paramètres du bridage ont un caractère provisoire. L'efficacité du bridage de l'éolienne E5 sera en effet appréciée dès sa mise en œuvre, et ce jusqu'à la fin du suivi de mortalité. Si, après mise en œuvre du bridage, un cadavre de chiroptère ou d'oiseau est découvert sous E5, le paramétrage le bridage sera renforcé.