



Objet du dossier :

Suivi environnemental

Boquého, Plouagat

Contact :

Jérémy Thomas

EDPR

25 quai Panhard-et-Levassor

75 013 Paris



SUIVI ENVIRONNEMENTAL 2021

RAPPORT FINAL

PARC EOLIEN DE BOQUEHO (22)

ETUDE REALISEE PAR :



Agence BRETAGNE

10B RUE DU DANEMARK
56400 AURAY
02 97 58 53 15

Janvier
2022

TABLES DES MATIERES

I. Introduction.....	5
I.1 <i>Préambule.....</i>	<i>5</i>
I.2 <i>Porteur de projet.....</i>	<i>5</i>
I.3 <i>Auteurs de l'étude.....</i>	<i>5</i>
II. Contexte	5
II.1 <i>Caractéristique du parc</i>	<i>5</i>
II.2 <i>Historique du parc.....</i>	<i>6</i>
II.3 <i>Localisation.....</i>	<i>6</i>
III. Méthodologie	7
III.1 <i>Définition des aires d'études</i>	<i>7</i>
III.1.1 Zone d'étude immédiate.....	7
III.1.2 Aire d'étude éloignée (AEE)	7
III.2 <i>Cadrage des suivis.....</i>	<i>9</i>
III.2.1 Contexte réglementaire	9
III.1 <i>Méthodologie du suivi en nacelle des chiroptères</i>	<i>9</i>
III.1.1 Rappel de la commande	9
III.1.2 Protocole mis en œuvre.....	9
III.1.3 Cadre méthodologique générique du suivi de mortalité.....	12
III.1.4 Spécificité des suivis de mortalité Synergis Environnement	14
III.1.5 Prise en compte conjointe de la détectabilité et du couvert	15
III.1.6 Utilisation des données météorologiques et de fonctionnement.....	16
IV. Contexte écologique et réglementaire.....	18
IV.1 <i>Zones naturelles proches</i>	<i>18</i>
IV.1.1 Le réseau Natura 2000	18
IV.1.2 Les Arrêtés de Protection de Biotope (APPB).....	18
IV.1.3 Les réserves naturelles.....	18
IV.1.4 Les parcs nationaux et les parcs naturels régionaux (PNR)	18
IV.1.5 Les zonages d'inventaires : ZNIEFF	18
IV.2 <i>Schéma Régional Eolien de la région Bretagne.....</i>	<i>21</i>
IV.3 <i>Continuités écologiques</i>	<i>21</i>
IV.3.1 Définition 21	

IV.3.2 Aspects légaux	21
IV.3.3 La trame verte et bleue	21
IV.3.4 Le SRCE de la région Bretagne.....	22
IV.4 Contexte paysager	25
V. Ecoutes en nacelles	28
V.1 <i>Résultats des écoutes en nacelle.....</i>	<i>28</i>
V.1.1 Observations globales	28
V.1.2 Diversité spécifique	28
V.1.3 Abondance.....	28
V.1.4 Répartition temporelle des contacts.....	29
V.1.5 Comparaison du suivi en nacelle 2021 avec le suivi en nacelle 2019	29
V.1.6 Impact de la température sur l'activité des chiroptères.....	29
V.1.7 Impact de la vitesse du vent sur l'activité des chiroptères	30
V.1.8 Impact des précipitations sur l'activité des chiroptères	30
V.1.9 Activité des chiroptères en fonction de l'heure du coucher du soleil.....	30
V.1.10 Évaluation du niveau de vulnérabilité face à l'éolien.....	31
V.2 <i>Synthèse des enjeux et vulnérabilités</i>	<i>35</i>
VI. Suivi de mortalité	37
VI.1 <i>Historique</i>	<i>37</i>
VI.1.1 2019 : Synergis Environnement.....	37
VI.2 <i>Résultats</i>	<i>37</i>
VI.2.1 Protocole mis en œuvre	37
VI.2.2 Occupation du sol au pied des éoliennes.....	41
VI.2.3 Surfaces prospectées.....	41
VI.2.4 Coefficients de correction	42
VI.2.5 Prise en compte conjointe de la détectabilité et du couvert	42
VI.2.6 Données de mortalité constatée	43
VI.2.7 Évaluation de la mortalité réelle	43
VI.3 <i>Évaluation de la mortalité réelle</i>	<i>44</i>
VI.3.1 Évaluation pour le parc entier	44
VI.3.2 Évaluation par éolienne	44
VI.3.3 Données disponibles pour l'analyse	45
VI.4 <i>Analyses.....</i>	<i>47</i>
VI.4.1 Répartition par éolienne des cas de mortalité	47
VI.4.2 Espèces retrouvées.....	48

VI.4.3 Position des cadavres.....	49
VI.4.4 Activité des éoliennes lors des cas de mortalité.....	50
VII. Prise en compte du risque de mortalité	51
VII.1 Analyse du risque	51
VII.1 Réduction du risque.....	51
VIII. Bilan	53
VIII.1 Bridage préconisé par SYNERGIS ENVIRONNEMENT :	53
IX. Bibliographie	54
X. Annexes.....	55
X.1 Photos des cadavres découverts lors de la campagne de suivi 2021.....	55

INDEX DES FIGURES

Figure 1 : Situation locale des deux communes comprenant le parc	6
Figure 2 : Localisation régionale du projet.....	6
Figure 3 : Localisation du parc éolien de Boquého-Plouagat	6
Figure 4 : Localisation des aires d'études dans un rayon de 10 km.....	8
Figure 5 : Schéma du principe d'écholocation.....	9
Figure 6: À gauche : ensemble du matériel d'enregistrement ; À droite : barre de fixation	9
Figure 7 : Répartition des probabilités en fonction d'une valeur théorique de mortalité réelle.....	14
Figure 8 : Leurre fabriqué en tissu.....	15
Figure 9 : Éléments de la Trame Verte et Bleue	22
Figure 10 : Présentation du Grand Ensemble de Perméabilité n°7 Les Monts d'Arrée et le massif de Quintin.....	22
Figure 11 : Présentation du Grand Ensemble de Perméabilité n°4 : Le Trégor-Goëlo intérieur, de la rivière du Léguer à la forêt de Lorge.....	23
Figure 12 : Schéma régional de cohérence écologique de Bretagne (2015).....	24
Figure 13 : Vu du parc éolien depuis E1.....	25
Figure 14 : Vu depuis les éoliennes E3 et E2.....	25
Figure 15 : Continuité écologiques autour du parc de Boquého-Plouagat.....	26
Figure 16 : Valeur moyenne des continuités écologiques de 6 espèces de chauves-souris en Bretagne continentales.....	27
Figure 17 : Évolution de l'activité et de la diversité spécifique au cours de la saison 2021.....	29
Figure 18 : Évolution de l'activité et de la diversité spécifique au cours de la saison 2019.....	29
Figure 19 : Évolution de l'activité des chiroptères en fonction de la température (°C)	29
Figure 20 : Évolution de l'activité des chiroptères en fonction de la vitesse du vent	30
Figure 21 : Activité des chiroptères en fonction de l'heure du coucher du soleil.....	31
Figure 22 : Noctule commune	33
Figure 23 : Carte de répartition	33
Figure 24 : Noctule de Leisler	33
Figure 25 : Carte de répartition	33
Figure 26 : Pipistrelle de Nathusius	33
Figure 27 : Carte de répartition	33
Figure 28 : Pipistrelle commune	33
Figure 29 : Carte de répartition	33
Figure 30 : Sérotine commune	34

Figure 31 : Carte de répartition.....	34
Figure 32 : Activité (en ct/h) de la noctule commune au cours de la saison en nacelle.....	34
Figure 33 : Activité (en ct/h) de la Noctule de Leisler au cours de la saison en nacelle	34
Figure 34 : Activité (en ct/h) de la pipistrelle de Nathusius au cours de la saison en nacelle	34
Figure 35 : Activité (en ct/h) de la pipistrelle commune au cours de la saison en nacelle	35
Figure 36 : Activité (en ct/h) de la Sérotine commune au cours de la saison en nacelle.....	35
Figure 37 : Schéma de principe des recherches de terrain.....	37
Figure 38 : Localisation des quadras et transects du suivi de mortalité du site éolien de Boquého	39
Figure 39 : Habitats simplifiés dans les quadras des éoliennes du site de Boquého.....	40
Figure 40 : Représentation de la surface prospectée en fonction des dates d'inventaires en 2020 et 2021	41
Figure 41 : Moyenne des surfaces prospectées par éoliennes en 2020 et 2021	41
Figure 42 : Chronologie des découvertes de cadavres	43
Figure 43 : Calendrier des périodes favorables à l'activité des chiroptères et cycles de vis des chiroptères	43
Figure 44 : Chronologie des découvertes de cadavres en 2019	43
Figure 45 : Répartition du vent en fonction du moment de la nuit ou en période « journée »	45
Figure 46 : Vitesse des vents au cours de la nuit (-1 h du coucher du soleil à +1 h du lever de soleil) par éolienne en m/s ; utilisation des moyennes par tranche de 10 minutes. Les classes de vitesses de l'abscisse corresponde à classe 0 : vent de 0 m/s, classe 1,5 :]0 ;1,5 m/s], classe 2,5 :]1,5 ;2,5 m/s] ... Classe 13,5 :]12,5 ;13,5 m/s], classe +13,5 : vent >13,5 m/s.	46
Figure 47 : Niveau d'activité des éoliennes en première au cours de la nuit (tours/minutes) ; utilisation des moyennes d'activité par tranche de 10min. Les classes de vitesses de rotation de l'abscisse corresponde à classe 0 : rotation de 0 tr/min, classe 1 :]0 ;1 tr	46
Figure 48 : 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	47
Figure 49 : Illustration du calcul de la distance réelle entre les pâles et un élément paysager	47
Figure 50 : Nombre de cadavres retrouvés en fonction de la distance éolienne-lisière	48
Figure 51 : chronologie des découvertes de faucon crécerelle au niveau national (Marx, 2017)	49
Figure 52 : Position des cadavres découverts autour des éoliennes (regroupement de toutes les éoliennes sur le même graphique).....	50

INDEX DES TABLEAUX

Tableau 1 : Caractéristique des éoliennes.....	5
Tableau 2 : Historique du parc	6
Tableau 3 : regroupement d'espèces possible	10
Tableau 4 : Tableau des distances de détection des chauves-souris en fonction	11
Tableau 5 : Calcul du niveau d'activité en altitude	11
Tableau 6 : Calcul du niveau de richesse spécifique	11
Tableau 7 : Évaluation du seuil d'activité au sol pour chaque espèce de chauves-souris en Bretagne	11
Tableau 8 : Exemple de notation des types de couverts pour une éolienne	14
Tableau 9 : Exemple de coefficients de détectabilité	15
Tableau 10 : Exemple de calculs de A et d	16
Tableau 11 : Période de vent favorable à l'activité des chiroptères (exemple avec 6 m/s)	17
Tableau 12 : Danger en fonction du fonctionnement des éoliennes	17
Tableau 13 : Liste des sites en APPB localisés dans un rayon de 10 km	18
Tableau 14 : Liste des sites en ZNIEFF localisés dans un rayon de 10 km	18
Tableau 15 : Description des ZNIEFF dans l'AEE	19
Tableau 16 : Nombre de contacts par espèce de chauve-souris	28
Tableau 17 : Espèces inventoriées en nacelle	28
Tableau 18 : Évaluation du niveau d'activité des espèces inventoriées par écoute en	28
Tableau 19 : Niveau d'activité par espèce observé en nacelle par mois (en ct/h)	28
Tableau 20 : Comparaison de l'influence de la vitesse du vent pour les chiroptères entre 2019 et 2021	30
Tableau 21 : Échelle des enjeux patrimoniaux pour la faune et la flore	31
Tableau 22 : Critères de seuil des enjeux patrimoniaux	31

Tableau 23 : Statut de protection et de conservation des espèces inventoriées et leur niveau d'enjeu	32
Tableau 24 : Niveau de risque de collision avec les éoliennes selon les espèces.....	32
Tableau 25 : Calcul du niveau de sensibilité	32
Tableau 26 : Comportement et sensibilité des espèces.....	32
Tableau 27 : Vulnérabilité des espèces de chauves-souris	32
Tableau 28 : Niveau d'enjeu et de vulnérabilité des espèces sur le parc éolien de Boquého	35
Tableau 29 : Bilan des cas de mortalité constatés lors du suivi de mortalité en 2019	37
Tableau 30 - Planning de réalisation du suivi de mortalité	37
Tableau 31 : Planning de réalisation des tests de persistance	38
Tableau 32 : Types d'habitats rencontrés et surfaces associées	41
Tableau 33 : Tests de persistance.....	42
Tableau 34 : Taux de détection composite par prospection (exemple d'une partie du suivi de E2).....	42
Tableau 35 : Taux de détection composite par éolienne.....	43
Tableau 36 : Bilan des cadavres retrouvés lors des suivis de mortalités	43
Tableau 37 : Compilation de la mortalité constatée par éolienne et par année	44
Tableau 38 : Estimations de la mortalité réelle des chiroptères sur le parc éolien de Boquého-Plouagat.....	44
Tableau 39 : Estimations de la mortalité réelle des chiroptères sur le parc éolien de Boquého-Plouagat.....	44
Tableau 40 : Mortalité réelle supposée pour les chiroptères par éolienne sur le parc de Boquého-Plouagat	44
Tableau 41 : Comparaison de la mortalité réelle des chiroptères entre les suivis de 2019 et 2021 par éolienne	45
Tableau 42 : Mortalité réelle supposée pour l'avifaune par éolienne sur le parc de Boquého-Plouagat.....	45
Tableau 43 : Comparaison de la mortalité réelle de l'avifaune entre les suivis de 2019 et 2021 par éolienne	45
Tableau 44 : Condition de bridage pour la protection des chiroptères sur le parc de Boquého en 2021	47
Tableau 45 : Distances des éoliennes aux reliefs paysagers dont la hauteur estimée est de 15 m	48
Tableau 46 : Enjeu de l'espèce	48
Tableau 47 : Comportement et sensibilité de l'espèce	49
Tableau 48 : Vulnérabilité de la chauve-souris.....	49
Tableau 49 : Enjeu lié au faucon crécerelle	49
Tableau 50 : Durée d'activation d'un bridage (chiroptère ou autre) lors des nuits précédant les découvertes de cadavres sous l'éolienne E3	50
Tableau 51 : Répartition des séquences (sur la période -30 min du coucher du soleil à +30min du lever du soleil) de début avril à fin octobre	51
Tableau 52 : Condition de bridage pour la protection des chiroptères sur le parc de Boquého en 2021	51
Tableau 53 : Bilan de l'activation des différents bridages sur le parc éolien de Boquého au cours de la nuit en 2021	52
Tableau 54 : Condition de bridage préconisé pour la protection des chiroptères sur le parc de Boquého en 2022	52
Tableau 55 : Condition de bridage préconisé pour la protection des chiroptères sur le parc de Boquého en 2022	53

I. INTRODUCTION

I.1 Préambule

EDP renewables est responsable depuis 2017 de l'exploitation de 4 aérogénérateurs sur les communes de Boquého et Plouagat dans les Côtes-d'Armor (22). 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 bureau d'étude Synergis Environnement a ainsi été missionné pour réaliser, le suivi post-implantation du parc éolien de Boquého en 2019 ; en répondant aux exigences réglementaires et au cahier des charges de EDP renewables. De plus, une évaluation des mesures bridages mis en place à la suite des découvertes de cadavres de chiroptères en 2019 doit être réalisée en 2021.

Le suivi environnemental comprend deux volets :

- ❖ **Le suivi de la mortalité des chiroptères et de l'avifaune**
- ❖ **Le suivi en nacelle de l'activité des chiroptères**

Ces suivis permettront de répondre aux trois principaux objectifs définis par le protocole national 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).

Le présent rapport final traite du suivi de la mortalité de la faune volante et 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.

I.2 Porteur de projet

Le projet éolien de Boquého-Plouagat, en région Bretagne, est porté par la société EDP Renewable.



EDP Renewables
25 quai Panhard-et-Levassor
75 013 Paris

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
Guénolé LE PEUTREC
Mathilde MIGAULT
Romain LE GOFF

Directeur
Chef de projet,
Chargée d'études, rédactrice
Chargé d'études chiroptères

II. CONTEXTE

II.1 Caractéristique du parc

Le parc éolien de Boquého-Plouagat, d'une puissance de 2,1 MW sois 8 000 kW au total, est constitué de quatre aérogénérateurs du modèle Gamesa G97/2000.

Tableau 1 : Caractéristique des éoliennes

Elément de l'éolienne	Caractéristiques maximales du gabarit
Diamètre du rotor	97 m
Hauteur du mat	78 m
Hauteur en bout de pale	126,50 m

II.2 Historique du parc

Tableau 2 : Historique du parc

Année	Description	Prestataire
2008	Pré-diagnostic puis diagnostic écologique et évaluation d'incidence sur la faune et la flore	Bretagne vivante-SEPNB
2012	Etude d'impact (partie chiro et avifaune)	Bretagne vivante
2017	Mise en service du parc	
2019	Suivi mortalité	GEOCA + Althis
2019	Suivi en nacelle de l'activité des chiroptères	Althis

II.3 Localisation

Boquého et Plouagat sont des communes des Côtes-d'Armor, en région Bretagne. Elles font partie de la communauté de communes de Leff Armor Communautés. Elles sont majoritairement dans un contexte paysager agricole et se situent à une vingtaine de kilomètres à l'ouest de la ville de Saint-Brieuc.

Le site éolien se situe quant à lui entre la limite sud de Plouagat et au nord de Boquého.

Au nord-est du parc, le bocage est dense, tandis qu'il est plus clairsemé au sud ainsi qu'à l'ouest.

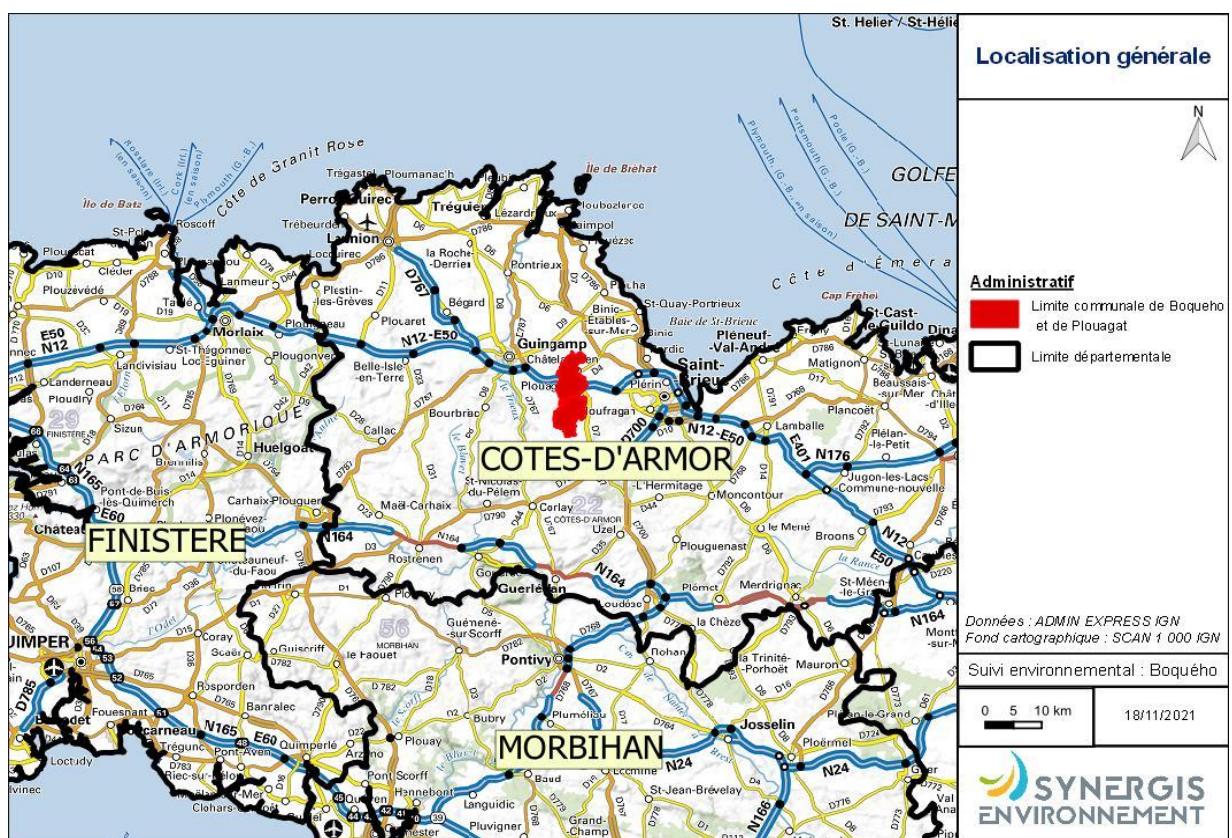


Figure 2 : Localisation régionale du projet

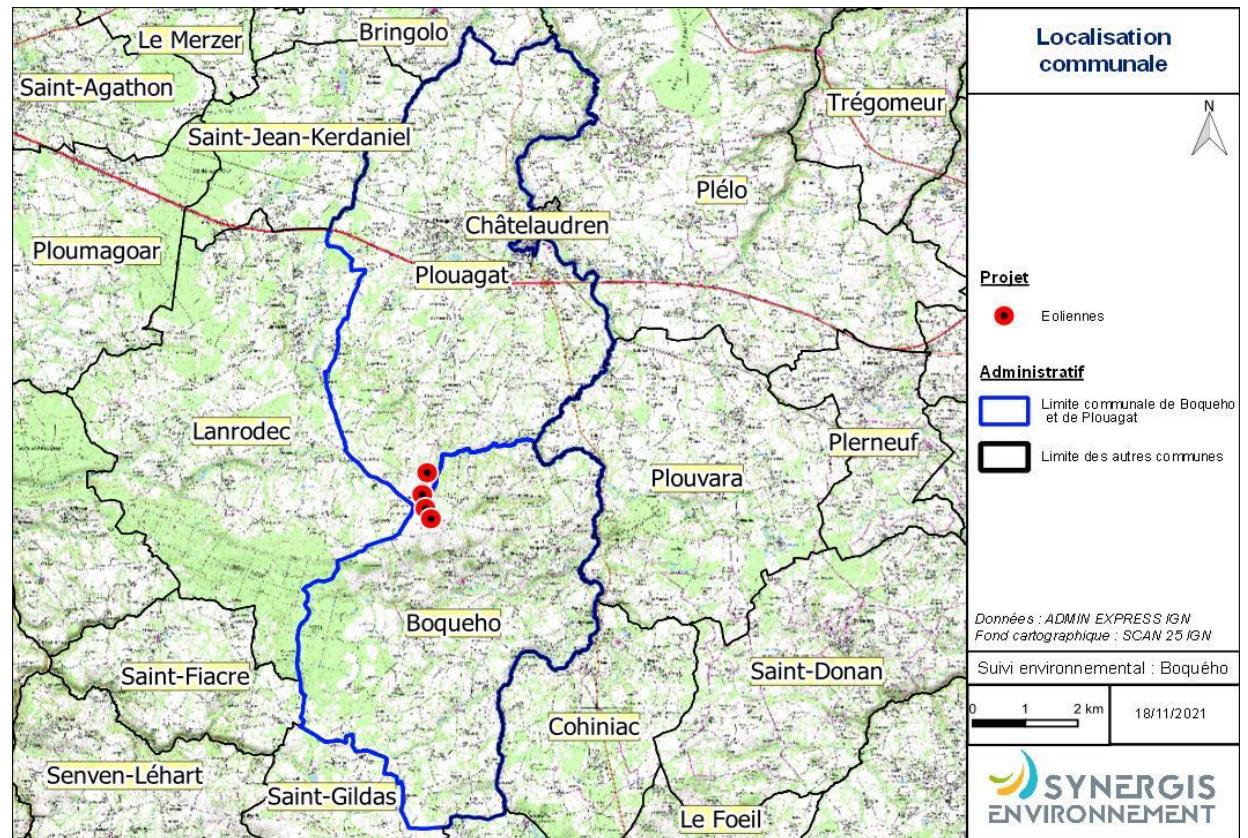


Figure 1 : Situation locale des deux communes comprenant le parc

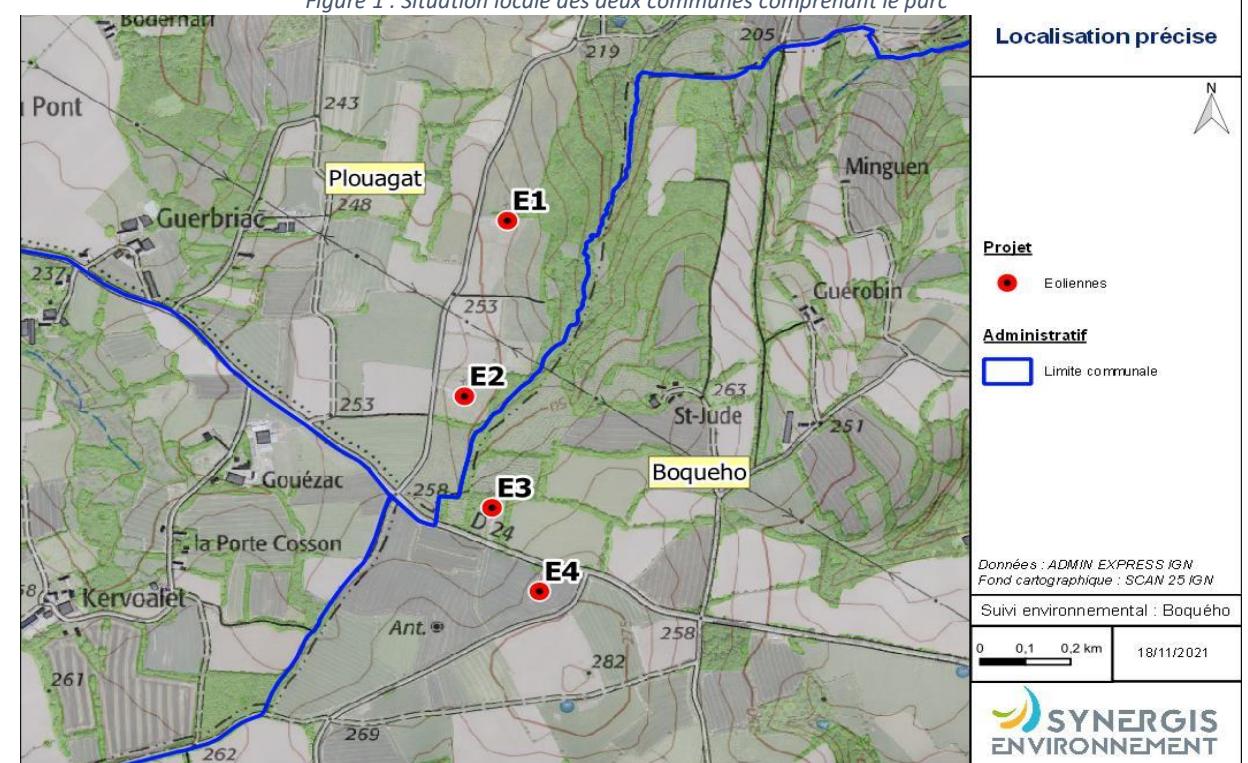


Figure 3 : Localisation du parc éolien de Boquého-Plouagat

III. METHODOLOGIE

III.1 Définition des aires d'études

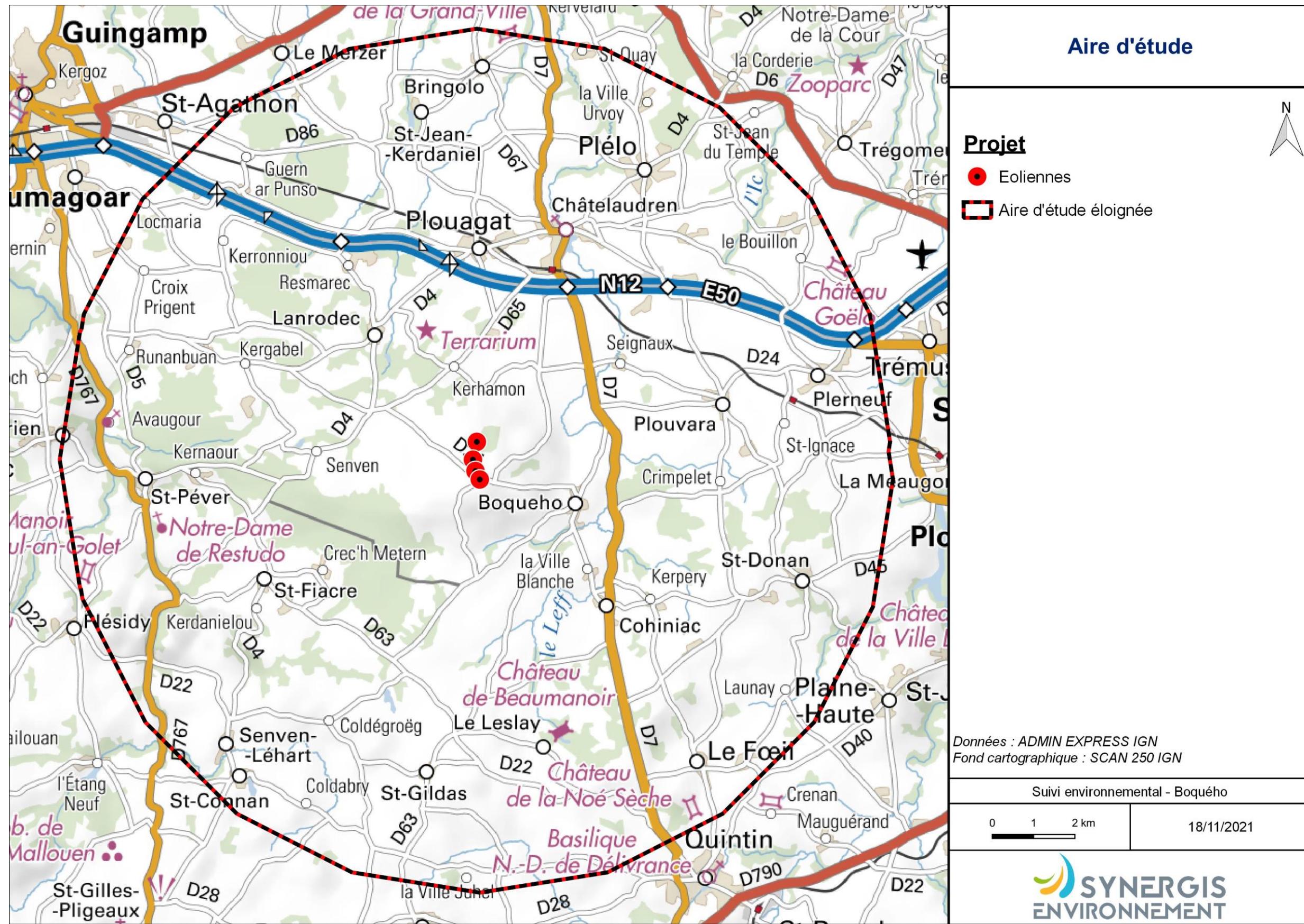
Dans le but de mener à bien les inventaires naturalistes et de définir finement les niveaux d'enjeu et d'impact du projet, plusieurs échelles d'études sont définies par le bureau d'études Synergis Environnement.

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.



III.2 Cadrage des suivis

Les cadres 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 sont présentés et replacés dans le cadre réglementaire s'appuyant sur le document-cadre dernièrement validé par le ministère de la transition écologique et solidaire (2018) et le cahier des clauses techniques particulières fournit par EDP Renewable.

III.2.1 Contexte réglementaire

Dans le cadre du suivi environnemental et conformément à la réglementation des ICPE (Arrêté 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, article 12), EDP Renewable a commandé en 2019 un suivi de mortalité à GEOCA et au BE Synergis Environnement et un suivi de l'activité des chiroptères en nacelle sur une éolienne du parc.

A l'issue de ce suivi, il apparaît que le parc de Boquého-Plouagat est faiblement mortifère, avec 3 cas de mortalité constatés, dont deux chiroptères et un oiseau. La mortalité réelle estimée sur ce parc est de l'ordre de 9 chiroptères et 5 oiseaux.

Compte tenu la mortalité constatée en 2019, Synergis Environnement a préconisé la mise en place de mesures de bridage. EDP Renewable souhaite alors renouveler le suivi environnemental (suivi mortalité + suivi des chiroptères en nacelles) en 2021, dans le but d'évaluer l'efficacité de ces mesures.

III.1 Méthodologie du suivi en nacelle des chiroptères

III.1.1 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 13 à 43 (début avril à fin octobre). Le suivi concerne l'éolienne E2. À noter que l'accès aux nacelles ne peut se faire seul. Ainsi, la mise en place du Batcorder sur le parc de Boquého s'est fait en présence d'un collaborateur de Synergis-environnement habilité à monter en nacelle et du personnel de la société EDPR.

III.1.2 Protocole mis en œuvre

III.1.2.1 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 & al., 1995 ; SIEMERS ET SCHNITZLER, 2000).

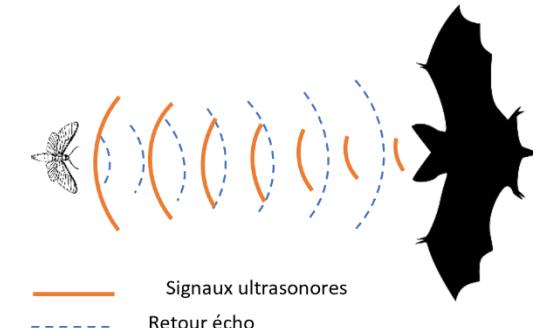


Figure 5 : Schéma du principe d'écholocation

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.1.2.2 Écoute en nacelle

III.1.2.2.1 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 ainsi été choisi d'utiliser un GSM-Batcorder, développé par EcoObs, qui répond à tous les critères précédents. Ce dispositif est conçu spécialement pour l'écoute prolonger des chauves-souris en nacelle. Il est composé de :

- 1 - Un GSM-Batcorder (10 x 17 x 3 cm)
- 2 - Une batterie (7 x 10 x 5 cm ; taille du fil : 46 cm)
- 3 - Un microphone en disque (partie extérieure : 10 cm ; grand disque : 14 cm ; longueur du fil : 60 cm)
- 4 - Une alimentation (longueur du fil : 1,75 m)
- 5 - Une barre de fixation (8 x 25 x 4 cm)

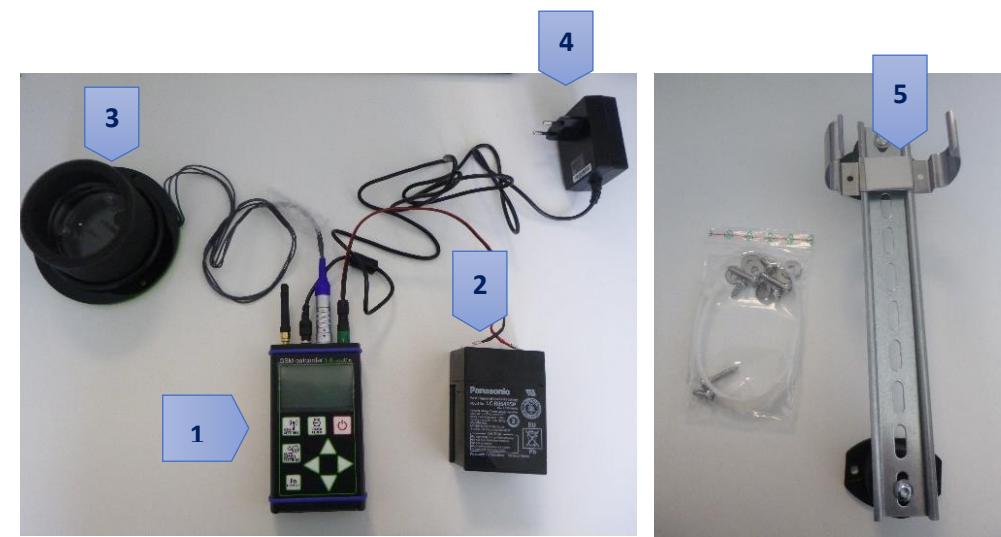


Figure 6: À gauche : ensemble du matériel d'enregistrement ; À droite : barre de fixation

III.1.2.2.2 Installation

Le module GSM-Batcorder se place donc dans la nacelle de l'éolienne E2. La barre de fixation est attachée au sol de la nacelle avec quatre vis, fournies, d'une longueur de 1,2 cm. Cela nécessite donc de percer dans la tôle de la nacelle. Le boîtier vient par la suite se clipser sur la barre de fixation. La batterie vient se positionner à côté du boîtier et peut être fixée sur la barre à l'aide de collier de serrage en plastique. Dans le cas du microphone en disque, un trou de 10 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 également fixé dans la tôle grâce à trois vis de 2,8 cm. Un joint est présent afin d'empêcher l'eau et l'air de rentrer dans la nacelle.

Dans notre cas, le module a été installé dans la nacelle de l'éolienne E2 du parc éolien de Boquého, le 29 mars 2021. Il s'agit de la même éolienne équipée lors du précédent suivi en 2019.

III.1.2.2.3 Fonctionnement

Le fonctionnement du Batcorder est simple. Différents paramétrages sont réglables directement via le boîtier : heures d'enregistrement, durée minimale de ces derniers, seuil de fréquences... Le boîtier enregistre sur une carte SD les séquences. Une carte SIM peut être insérée dans le Batcorder et permet ainsi à celui-ci d'envoyer après chaque nuit un SMS de statut de l'appareil. Il est également possible de changer les paramétrages du boîtier en cours de saison via l'envoi de SMS avec ce dernier.

Une fois l'enregistreur paramétré et installé dans la nacelle, celui-ci est autonome. En effet, en journée, le Batcorder est alimenté par la prise secteur et recharge en même temps la batterie sur laquelle il est également branché. Lorsqu'il est en « dormance », il est possible d'accéder aux données qu'il a enregistrées. Il se déclenche lui-même aux horaires programmés pour enregistrer. À ce moment-là, il se coupe de l'alimentation secteur pour basculer sur la batterie. Il n'est également plus possible d'accéder aux données qu'il a acquises. Il rebascule sur l'alimentation secteur à sa mise en « dormance » et envoie un SMS à ce moment.

III.1.2.3 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 l'enregistrement de chauves-souris, mais à des bruits « parasites » dus à l'éolienne. Le logiciel BcAdmin couplé au logiciel BatIdent (EcoObs) permet de faire le tri dans ces fichiers-ci.

Une fois les fichiers du Batcorder intégrés à la base de données de BcAdmin, le logiciel analyse les séquences et BatIdent fait une analyse automatique de celles-ci.

BatIdent est conçu pour donner un indice de confiance pertinent, en pourcentage pour chacune de ses déterminations. Il est toutefois important de vérifier dans les séquences dites « parasites » qu'il n'y a pas de chauves-souris dessus.

La détermination manuelle, à l'aide de l'onglet « visualisation » du logiciel BcAdmin, permet d'obtenir des informations plus précises telles que les fréquences initiales et terminales, les intervalles entre les signaux ..., 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, due 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'espèce qui est retenu. Les différents groupes d'espèces possibles sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 3 : regroupement d'espèces possible

Groupes 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 auritus</i>) Oreillard roux (<i>Plecotus austriacus</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 contact 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 5m du micro tandis qu'une noctule commune sera enregistrée jusqu'à 150m. 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 la non-détection.

Tableau 4 : Tableau des distances de détection des chauves-souris en fonction

milieu ouvert ou semi-ouvert				sous-bois			
Intensité d'émission	Espèces	distance détection (m)	coefficient détectabilité	Intensité d'émission	Espèces	distance détection (m)	coefficient détectabilité
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 alcathoe</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 alcathoe</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
	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	25	1,00		<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	très forte	<i>Hypsugo savii</i>	30	0,83
	<i>Eptesicus serotinus</i>	40	0,63		<i>Eptesicus serotinus</i>	30	0,83
très forte	<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
	<i>Tadarida teniotis</i>	150	0,17		<i>Tadarida teniotis</i>	150	0,17
	<i>Nyctalus lasiopterus</i>	150	0,17		<i>Nyctalus lasiopterus</i>	150	0,17

Source : Barataud, 2015

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 :

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

Tableau 5 : Calcul du niveau d'activité en altitude

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

Tableau 6 : Calcul du niveau de richesse spécifique

Tableau 7 : Évaluation du seuil d'activité au sol pour chaque espèce de chauves-souris en Bretagne

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 Nathusius	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

<tbl_r cells="4" ix="1" maxcspan="1" maxrspan

III.1.3 Cadre méthodologique générique du suivi de mortalité

III.1.3.1 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.1.3.2 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 :

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

$N_{\text{estimé}}$: = 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.1.3.2.1 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.1.3.2.2 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.1.3.2.3 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.1.3.2.4 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.1.3.2.5 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 : $\hat{e} = \frac{\min(I, \hat{I})}{I}$

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.1.3.3 Rappels théoriques

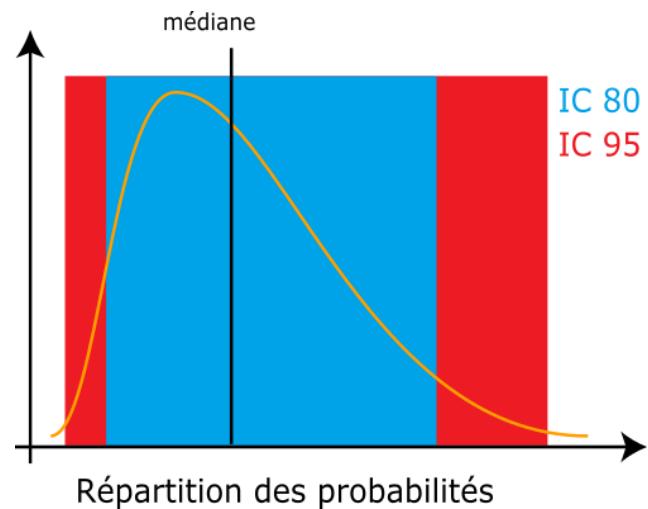
Pour ceux qui ne sont pas familiers avec le traitement statistique et probabiliste, les résultats donnés par les estimateurs peuvent paraître étonnantes, voire incohérents. En premier lieu, les calculs donnent des résultats décimaux (qui sont arrondis dans le texte), pour des nombres de cas de mortalité.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



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.1.4 Spécificité des suivis de mortalité Synergis Environnement

Le protocole de terrain reprend la méthodologie employée lors du suivi de 2019.

III.1.4.1 Protocole de terrain retenu

Le suivi se fait sur un carré de 100 m de côté centré sur chaque éolienne. Ces quadrats (carré de 100m par 100m) sont les mêmes que ceux suivis lors du suivi de mortalité de 2019.

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.

Le suivi court de mi-mai 2021 à fin octobre 2021 (semaine 20 à semaine 43) et à lieu une fois par semaine le jeudi.

III.1.4.2 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 nivélés)
- ✓ 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 dressé, 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 8 : 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.1.4.3 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.1.4.3.1 Limites du test de détection du protocole

Le test originel est prévu pour chaque intervenant, au moins 2 fois, pour et sur chaque site, dans des conditions réelles, sans que l'intervenant ne 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 paraît 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.



Figure 8 : Leurre fabriqué en tissu

(Source : photo ALTHIS)

III.1.4.3.2 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 déetectabilité 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 déetectabilité selon le type de surface (III.1.4.2).

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 déetectabilité (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 déetectabilité pour chaque intervenant. On obtient donc, pour chaque intervenant un coefficient de déetectabilité pour chaque type de surface, selon le modèle ci-dessous.

Tableau 9 : Exemple de coefficients de déetectabilité

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

III.1.5 Prise en compte conjointe de la déetectabilité et du couvert

III.1.5.1 Principe

À chaque type de couvert, et à chaque intervenant est associé un taux de déetectabilité 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 déetectabilité 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 déetectabilité 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 déetectabilité des observateurs

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

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

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

Tableau 10 : Exemple de calculs de A et d

Eolienne A	Intervenant	Surface plane			Végétation basse			Non prospectable	Déetectabilité moyenné	Correction de surface prospectée
		S _p	d _p	S _p * d _p	S _b	d _b	S _b * d _b		d	A
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

III.1.5.2 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%.

III.1.5.3 Utilisation des coefficients de déetectabilité composites

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. 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 déetectabilité 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.1.6 Utilisation des données météorologiques et de fonctionnement

III.1.6.1 Définitions

III.1.6.2 Moments de la journée

Le maximum d'activité des chauves-souris intervient dans la demi-heure précédente et les 2,5 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 2,5 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.1.6.3 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).

A 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.1.6.4 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). Les écoutes en hauteurs et en nacelles ont induit la mise en place d'un bridage à 4 m/s et 6 m/s selon les éoliennes et d'autres facteurs. Ce sont ces limites de vents qui seront utilisées.

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

Tableau 11 : Période de vent favorable à l'activité des chiroptères (exemple avec 6 m/s)

Mesures du vent		Conditions de vol	Forme simplifiée
Vent moyen (< 6 m/s)	Vent max. (< 6 m/s)	Très favorable	Favorable
	Vent max. (> 6 m/s)	Favorable	
Vent moyen (> 6 m/s)	Vent min. (< 6 m/s)	Peu favorable	Défavorable
	Vent min. (> 6 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).

Les données de valeurs maximales et minimales de la vitesse du vent et de l'activité du rotor n'ayant pas pu être fournies à Synergis Environnement, les analyses se contenteront des valeurs moyennes.

III.1.6.5 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 4 tours par minute), qui donne une vitesse linéaire en extrémité de pale vite rapidement élevée. 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 12 : Danger en fonction du fonctionnement des éoliennes

Vitesse de rotation		Danger	Forme simplifiée
Moyenne (<4 tr/min)	Maximale (< 4tr/min)	Très faible	Très faible
	Maximale (> 4 tr/min)	Peu élevé	
Moyenne (> 4 tr/min)	Minimale (< 4 tr/min)	Elevé	Elevé
	Minimale (> 4tr/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.

Les données de valeurs maximales et minimales de la vitesse du vent et de l'activité du rotor n'ayant pas pu être fournies à Synergis Environnement, les analyses se contenteront des valeurs moyennes.

.1.1.1 - 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 29/03/2021 au 31/10/2021.

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.1.6.2).

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 d'intérêt écologique, faunistique et floristique la plus proche est située à moins de 3 km du site éolien (ZNIEFF de type 1), tout comme le second, mais plus éloigné (Tableau 14). Il y a également un APPB.

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.



En ce qui concerne ce projet éolien, aucun site Natura 2000 n'est présent à moins de 10 km du parc éolien.

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.

Un APPB a été recensé dans un rayon de 10 km autour du parc éolien.

Tableau 13 : Liste des sites en APPB localisés dans un rayon de 10 km

Nom	Description
Mare de Kerdanet	Espèces concernées : triton alpestré (<i>triturus alpestris</i>), triton palmé (<i>triturus helveticus</i>), triton marbré (<i>triturus marmoratus</i>), salamandre tachetée (<i>salamandra salamandra</i>), grenouille rousse (<i>rana temporaria</i>), crapaud commun (<i>bufo bufo</i>), crapaud accoucheur (<i>alytes obstetricans</i>)

Identifiant : FR3800676

Distance du parc : 3 km

Bilan

L'APPB se trouve à 3 km du parc de Boquého-Plouagat. S'agissant d'une mare, il n'y a aucun risque d'impact, de plus, les espèces concernées sont des urodèles.

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 du parc éolien.

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

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.

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

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.

Deux ZNIEFF sont localisées dans l'aire d'étude éloignée. Ce sont toutes des ZNIEFF de type I. Aucune ZNIEFF de type II n'est recensée dans l'aire d'étude éloignée.

Tableau 14 : Liste des sites en ZNIEFF localisés dans un rayon de 10 km

Type	Identifiant	Nom	Distance au site
ZNIEFF I	530006452	LANDES TOURBEUSES DE BOIS MEUR	2,5 km
ZNIEFF I	530005955	ETANG DE SAINT-CONNAN	9 km

Les caractéristiques principales ainsi que les informations de distance relatives de chaque ZNIEFF sont synthétisées dans le Tableau 15 : Description des ZNIEFF dans l'AEE.

Tableau 15 : Description des ZNIEFF dans l'AEE

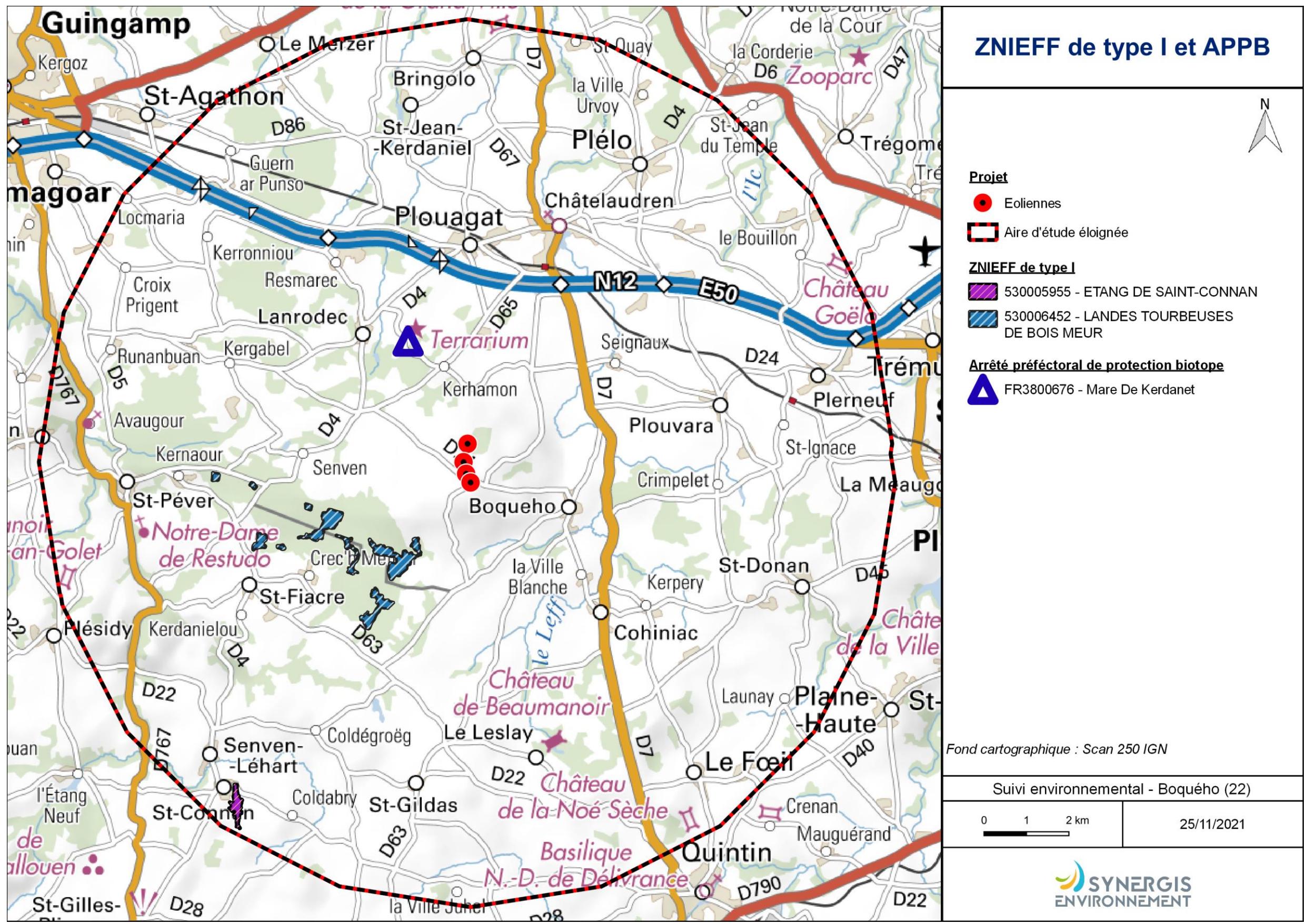
Type	Identifiant	Nom	Habitats déterminants	Espèces déterminantes	Description	Distance au site
ZNIEFF I	530006452	LANDES TOURBEUSES DE BOIS MEUR	31.12 Landes humides atlantiques méridionales 44.A Forêts marécageuses de Bouleaux et de Conifères 44.92 Saussaies marécageuses 51.1 Tourbières hautes à peu près naturelles 54.4 Bas marais acides	84 espèces listées dont 20 déterminantes (3 amphibiens, 1 gastéropode, 1 insecte, 1 mammifère, 2 oiseaux, 1 reptile, 11 plantes) Avifaune : - Busard St-Martin (<i>Circus cyaneus</i>) - Engoulevent d'Europe (<i>Caprimulgus europaeus</i>)	Les "Landes de Bois Meur" figuraient à l'Inventaire des Landes de France (source n° 52 - 1981) et étaient classées dans la catégorie de valeur biologique 3 : "intéressant". La ZNIEFF de type I de première génération repérait ainsi un grand secteur au Nord dans le bois au niveau du Quinquis en Lanrodec, ainsi que plus au Sud trois unités de landes plus réduites à la hauteur de Crec'h Metern, à la marge du bois. Ces dernières ont aujourd'hui disparu, entièrement boisées ou bien défrichées par l'agriculture. Cependant, les espaces tourbeux ou en landes humides résiduels figurant dans le grand secteur de cette première ZNIEFF sont repris dans cette nouvelle description. Les espaces sélectionnés étant principalement des zones humides ou tourbeuses acides, à sphagnes, ils devraient à présent être plutôt inscrits dans un inventaire des milieux tourbeux régional ou départemental. Cette ZNIEFF de type I couvre 108 hectares dans le Bois Meur, et est constituée de 9 secteurs tourbeux, d'ouest en est. L'ensemble de ces secteurs tourbeux se tenant dans une même unité écologique forestière possède aujourd'hui un niveau d'intérêt départemental affirmé. Une ZNIEFF forestière de type II sur le massif Bois Meur - Avaugour est en cours de création, des données faunistiques et floristiques plus complètes concernant cet ensemble, y figureront	2,5 km
ZNIEFF I	530005955	ETANG DE SAINT-CONNAN	22 Eaux douces stagnantes 22.12 Eaux mésotrophes 22.311 Gazons de Littorelles, étangs à Lobélies, gazons d'Isoètes 22.431 Tapis flottant de végétaux à grandes feuilles	123 espèces listées, dont 8 déterminantes (1 mammifère, 2 poissons, 5 plantes)	L'Étang de St-Connan est dépendant du Ruisseau du Moulin de Kerdic, affluent du Trieux. Ce petit étang d'environ 7 hectares a vu son statut trophique évoluer en quelques décennies : sa queue abritait des habitats et des espèces caractéristiques des tourbières (rossolis à feuilles rondes et narthécie) qui semblent avoir aujourd'hui disparu, elle possède à présent un peuplement assez exceptionnel de trèfle d'eau (<i>Menyanthes trifoliata</i>). Cette communauté à trèfle d'eau, et laîche en rostre, occupe une grande partie de la rive ouest (elle est plus discontinue sur la rive est plus aménagée pour la pêche), et est l'un des habitats déterminants de la ZNIEFF, habitat assimilé à une tourbière de transition (tourbière tremblante). L'Étang de St-Connan est un étang de pêche de 2ème catégorie, il est propriété de la Fédération de Pêche des Côtes-d'Armor.	9 km

Bilan

La ZNIEFF la plus proche (2,5 km) porte sur des espèces et des habitats de landes tourbeuses et de zones humides, ce qui n'est pas le cas des habitats rencontrés dans l'AEE. La présence du Busard Saint-Martin et de l'Engoulevent d'Europe est à noter sur ce site. La distance et notamment la différence d'habitats entre le parc éolien et la ZNIEFF ne laissent pas à penser que ces espèces fréquentent le site.

La ZNIEFF la plus éloignée ne présente aucune espèce pouvant apporter des enjeux liés à la collision avec des éoliennes.

Ainsi, aucun enjeu notable n'est recensé pour les ZNIEFF.



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 amphihalins (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.

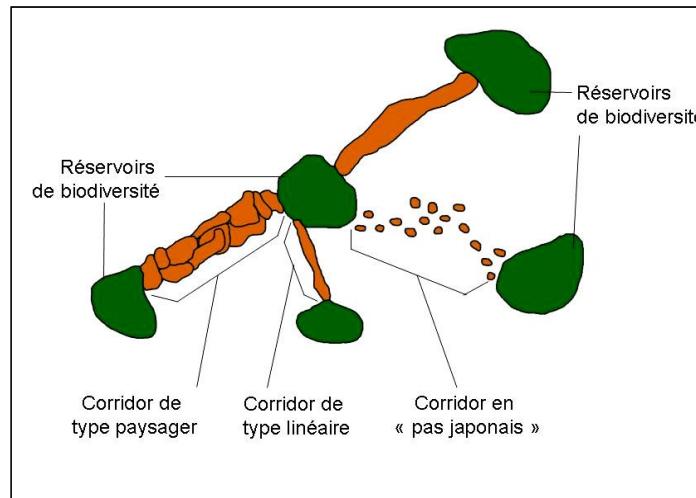


Figure 9 : Éléments de la Trame Verte et Bleue

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 le grand ensemble de perméabilité n°7 : Les Monts d'Arrée et le massif de Quintin et le grand ensemble de perméabilité n°4 : Le Trégor-Goëlo intérieur, de la rivière du Léguer à la forêt de Lorge.

I Grand ensemble de perméabilité n°7 : Les Monts d'Arrée et le massif de Quintin



Constituants de la trame verte et bleue régionale et principaux éléments fracturants

- **Perméabilité d'ensemble**: territoire présentant un niveau de connexion des milieux naturels très élevé, notamment sur les crêtes septentrionales et occidentales des Monts d'Arrée et sur le pourtour méridional du massif de Quintin.
- **Cours d'eau**: ensemble des réseaux hydrographiques amont de l'Elorn, des fleuves du Trégor (rivière de Morlaix, le Léguer et le Guic, le Trieux notamment) et de l'Aulne. Sur ces cours d'eau, existent des éléments fracturants, définis dans le référentiel des obstacles à l'écoulement.
- **Réservoirs régionaux de biodiversité** de très grande extension associés aux landes et zones humides, aux boisements et au bocage (sous-trames « landes/pelouses/tourbières », « zones humides », « forêts » et « bocages »).
- **Corridor écologique régional**: grand ensemble de perméabilité constituant un corridor-territoire. Ce territoire présente un niveau de connexion des milieux très élevé que ce soit au sein des réservoirs régionaux de biodiversité, dont la densité est très élevée, ou entre les réservoirs.

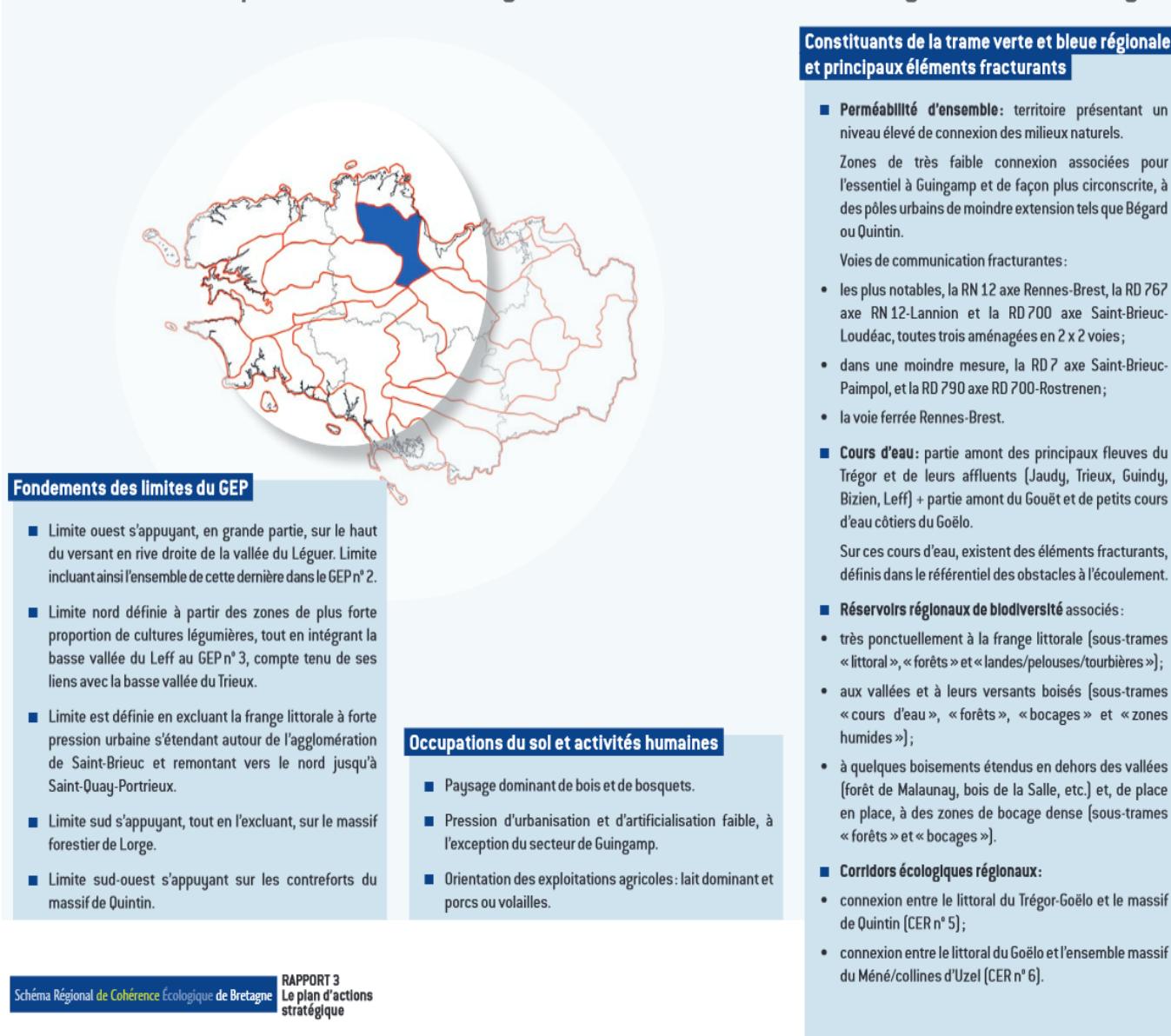
Fondements des limites du GEP

- Limite sud définie à partir des contreforts des Monts d'Arrée (à l'ouest) et du massif de Quintin (à l'est) correspondant à la frontière entre ces secteurs de fort niveau de connexion des milieux naturels et les plaines du Porzay et du Poher à faible niveau de connexion.
- Limite ouest englobant les parties les plus élevées des Monts d'Arrée et notamment la forêt domaniale du Cranou.
- Limite nord définie à partir des reliefs les plus marqués des Monts d'Arrée et du massif de Quintin.

Occupations du sol et activités humaines

- Paysage de bocage dense et prairies sur collines/ paysage de landes.
- Pression d'urbanisation et d'artificialisation très faible.
- Orientation des exploitations agricoles: lait dominant, bovins viande et porcs ou volailles.

Grand ensemble de perméabilité n° 4 : Le Trégor-Goëlo intérieur, de la rivière du Léguer à la forêt de Lorge



Bilan

Le parc éolien se trouve entre des réservoirs de biodiversité qui ont tous deux des connexions très élevées entre les milieux naturels.

Bilan des zones naturelles

Les sites naturels décrivent l'aire d'étude éloignée comme une zone relativement préservée présentant de nombreuses zones « naturelles ». Les différents sites naturels sont assez bien connectés entre eux. Le réseau hydrographique et les habitats connexes sont considérés comme très favorables pour le déplacement des espèces. L'un de ces corridors se trouvent relativement proche du parc éolien ce qui peut attirer un grand nombre de chiroptères et d'oiseaux à proximité des éoliennes.

Figure 11 : Présentation du Grand Ensemble de Perméabilité n°4 : Le Trégor-Goëlo intérieur, de la rivière du Léguer à la forêt de Lorge
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.

L'aire d'étude se situe à la frontière entre deux grands ensembles de perméabilité : « Les Monts d'Arrée et le massif du Quintin » et « Le Trégor-Goëlo intérieur, de la rivière du Léguer à la forêt de Lorge ». Le Massif du Quintin à l'ouest de l'aire d'étude présente une forte connectivité des milieux naturels aussi bien aux niveaux de la trame bleue que verte. Le Massif du Quintin est composé de nombreux milieux naturels connectés entre eux et pouvant accueillir un grand nombre d'espèces. Le Trégor-Goëlo intérieur présente aussi un niveau élevé de connexion des milieux naturels. Comme indiqué dans le SRCE, la frontière entre les deux grands ensembles de perméabilité est peu tranchée au regard des niveaux de connexions des milieux naturels respectifs des deux ensembles.

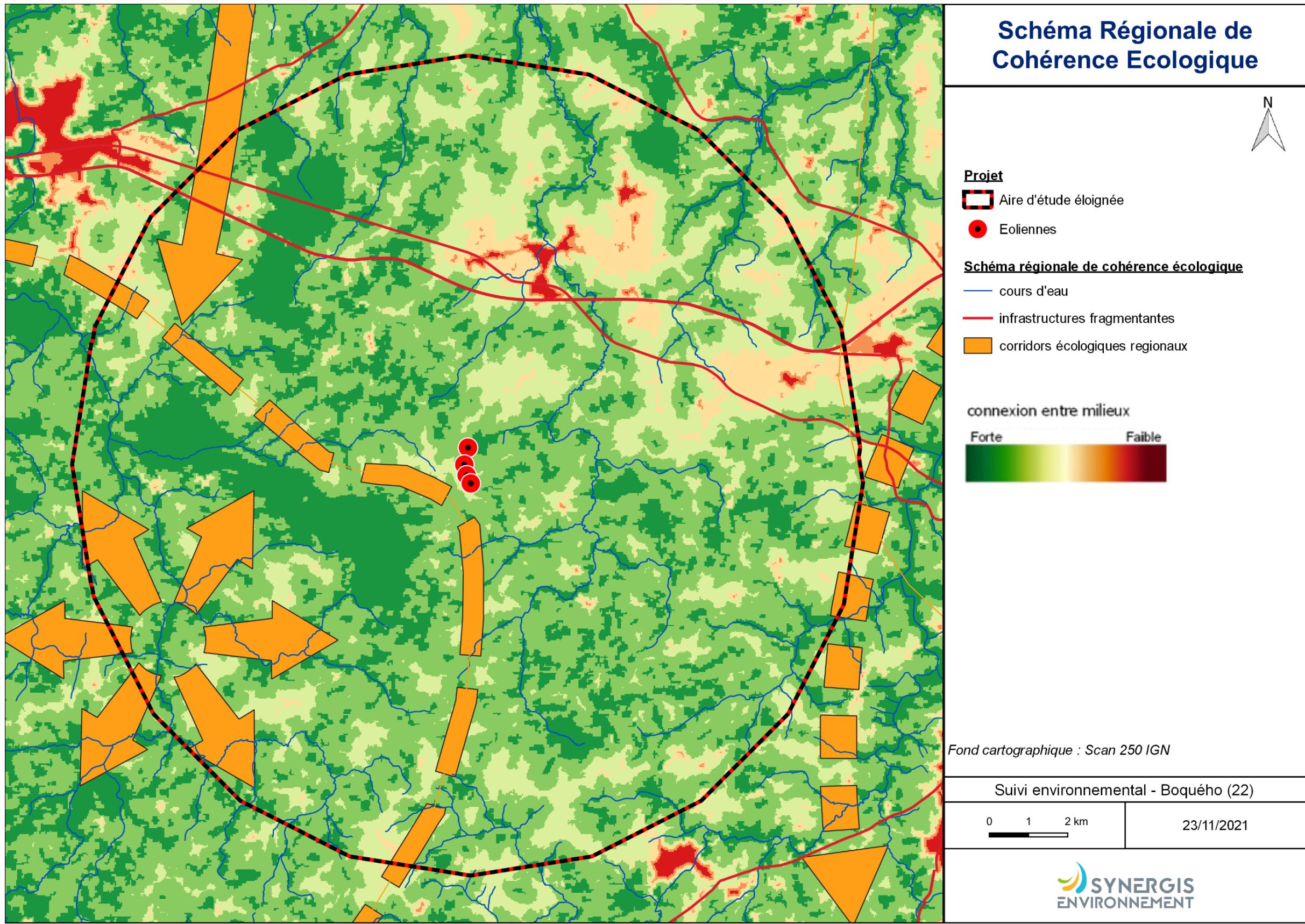


Figure 12 : Schéma régional de cohérence écologique de Bretagne (2015)

IV.4 Contexte paysager

Le site éolien de Boquého-Plouagat se trouve dans un contexte majoritairement agricole comportant de nombreuses prairies et cultures. Un maillage de haies et de petits boisements parsème également ce territoire, donnant ainsi un aspect bocager au paysage.

La densité de haies et de boisement met en évidence de possibles corridors écologiques à l'échelle locale. Une continuité de boisement connecte directement les éoliennes E1, E2 et E3. L'éolienne E4 semble plus isolée.



Figure 13 : Vu du parc éolien depuis E1



Figure 14 : Vu depuis les éoliennes E3 et E2

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 met en évidence des zones favorables aux déplacements des chiroptères aux alentours du parc éolien.

Cette trame des continuités correspond au boisements et haies identifiés sur la carte (Figure 16).

Bilan contexte paysager

La densité de bocage, de boisements et notamment leur connectivité entre eux induit un potentiel d'accueil fort pour l'avifaune et les chiroptères.

Bilan des zones naturelles et du contexte paysager

L'aspect bocager, la connectivité entre les milieux semi-naturels et la présence de sites naturels induisent un potentiel attrait « modéré » à « fort » pour les chiroptères et les oiseaux.

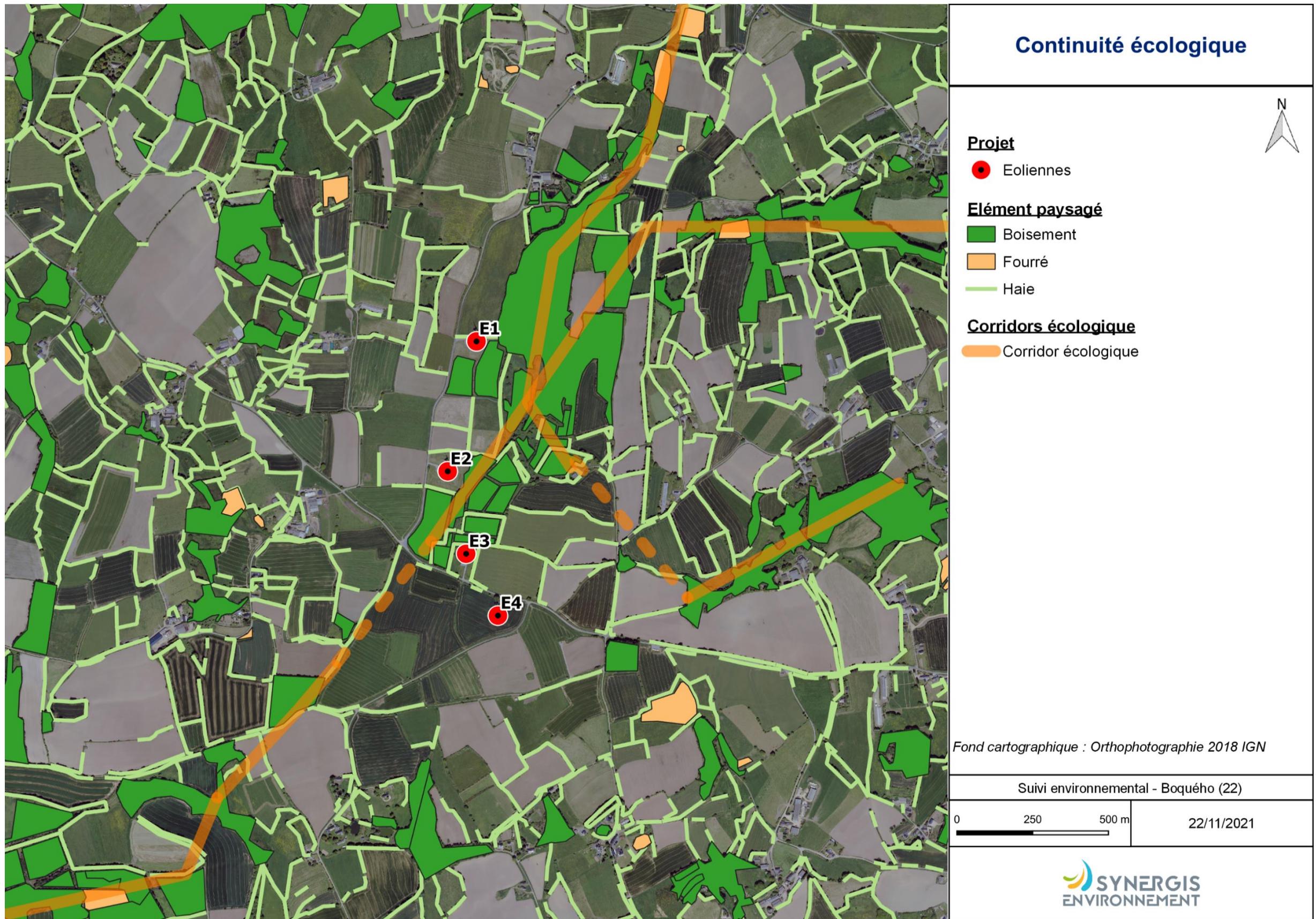


Figure 15 : Continuité écologiques autour du parc de Boquého-Plouagat

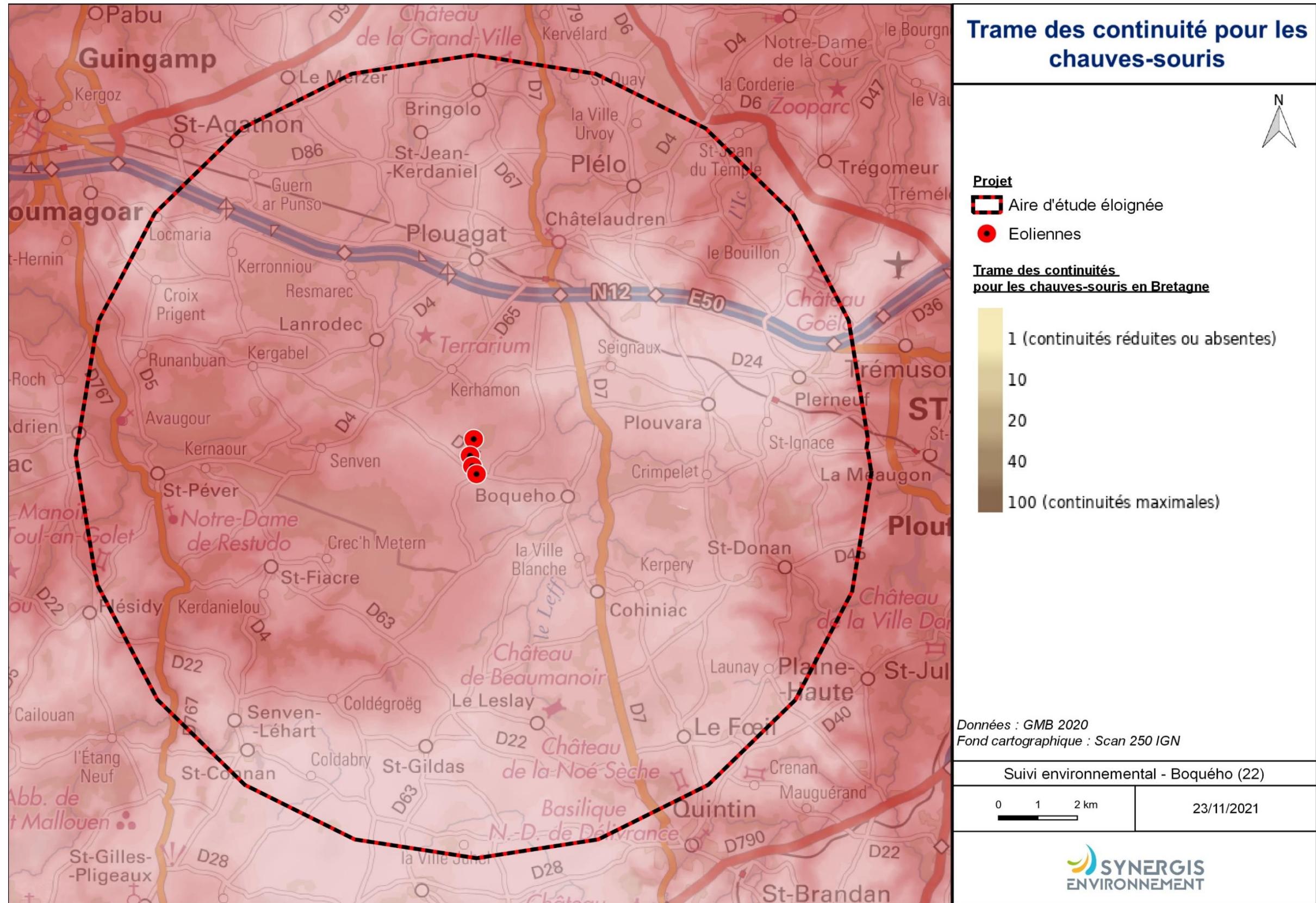


Figure 16 : Valeur moyenne des continuités écologiques de 6 espèces de chauves-souris en Bretagne continentale.
Ces valeurs, distribuées de 1 à 100 dans cette trame diffuse, synthétisent la qualité et la quantité des connexions possibles entre les coeurs d'habitats de différentes espèces sensibles de chiroptères (grand et petit rhinolophes, murins de Bechstein et de Daubenton, barbastelle d'Europe et sérotine commune).

Source : Groupe Mammalogique Breton 2020.

V. ECOUTES EN NACELLES

V.1 Résultats des écoutes en nacelle

Pour rappel, les écoutes en nacelle se sont déroulées du 1er avril 2021 au 31 octobre 2021 sur l'éolienne E2. Les résultats bruts enregistrés lors de la saison d'écoute sont synthétisés dans le tableau suivant.

Tableau 16 : Nombre de contacts par espèce de chauve-souris

Date d'enregistrement	Durée d'enregistrement (H)	Mois	Espèces			Groupes	Nombre de contacts bruts total		
			Pp	Pn	Es				
01/04/2021 au 30/04/2021	308,93	Avril							
01/05/2021 au 31/05/2021	272,53	Mai							
01/06/2021 au 30/06/2021	240,42	Juin	29	5			34,00		
01/07/2021 au 31/07/2021	260,87	Juillet	31	16		2	1	50,00	
01/08/2021 au 31/08/2021	302,30	Août	71	5		7		83,00	
01/09/2021 au 30/09/2021	343,03	Septembre	109	62	2	7	1	4	185,00
01/10/2021 au 30/10/2021	408,38	Octobre	11	4					15,00

Pp : Pipistrelle commune ; Pn : Pipistrelle de Nathusius ; Es : Sérotine commune ; Nn : Noctule commune ; Ni : Noctule de Leisler.

V.1.1 Observations globales

Ce sont au total 367 contacts qui ont été enregistrés au cours de la saison, pour une moyenne de 0,20 contact par heure. **L'activité chiroptérologique globale est donc considérée comme très faible**, selon l'échelle définie dans la partie méthodologique. On note un niveau d'activité faible au cours du mois de septembre. Puis très faible sur le reste de la saison. Aucun contact n'a été enregistré au cours des mois d'avril et mai.

V.1.2 Diversité spécifique

La richesse spécifique est considérée comme moyenne, puisque 5 espèces de chauves-souris ont été recensées lors de l'écoute en nacelle. Ainsi qu'un groupe d'espèces, il s'agit du groupe Sérotule. Il est noté la présence de la pipistrelle commune et la pipistrelle e Nathusius sur 5 des 7 mois de la saison d'écoute. Ces deux espèces sont considérées comme à forte sensibilité face à l'éolien.

Tableau 17 : Espèces inventoriées en nacelle

Nom Vernaculaire	Nom Scientifique	Nombre de Mois de Présence	Présence %
Pipistrelle commune	Pipistrellus pipistrellus	5	71%
Pipistrelle de Nathusius	Pipistrellus nathusii	5	71%
Noctule commune	Nyctalus noctula	2	29%
Noctule de Leisler	Nyctalus leisleri	2	29%
Sérotules	Sérotules	2	29%
Sérotine commune	Eptesicus serotinus	1	14%

V.1.3 Abondance

Les espèces inventoriées ne présentent pas toutes la même activité ni le même niveau de détectabilité. L'évaluation de leur activité est donc calculée après application du coefficient de détectabilité, ainsi qu'en fonction de leur niveau d'abondance en Bretagne comme expliqué dans la méthodologie.

Tableau 18 : Évaluation du niveau d'activité des espèces inventoriées par écoute en

Nom Vernaculaire	Nom Scientifique	Activité (Cts Ajustés /H)	Niveau d'activité
Pipistrelle commune	Pipistrellus pipistrellus	0,12	Très faible
Pipistrelle de Nathusius	Pipistrellus nathusii	0,04	Faible
Noctule commune	Nyctalus noctula	0,002	Très faible
Sérotules	Sérotules	0,001	Très faible
Sérotine commune	Eptesicus serotinus	0,001	Très faible
Noctule de Leisler	Nyctalus leisleri	0,0005	Très faible

Seule la pipistrelle de Nathusius ressort avec un niveau d'activité globalement faible. Les autres espèces présentent toutes un niveau d'activité très faible.

L'espèce ayant l'activité la plus « élevée » est la pipistrelle commune avec 0,12 ct/h, il s'agit de l'espèce la plus impactée par les éoliennes en Europe. Par ailleurs, il faut tenir compte que la répartition des espèces n'est pas homogène, il existe des variations d'activité en fonction des mois et des saisons (cf. tableau suivant).

Date d'enregistrement	Durée d'enregistrement (H)	Mois	Espèces					Groupes	Nombre total de Contacts Ajustés / Heure	Niveau d'activité	
			Pp	Pn	Es	Nn	NI				
01/04/2021 au 30/04/2021	308,93	Avril								Très faible	
01/05/2021 au 31/05/2021	272,53	Mai								Très faible	
01/06/2021 au 30/06/2021	240,42	Juin	0,12	0,02					0,14	Très faible	
01/07/2021 au 31/07/2021	260,87	Juillet	0,12	0,06				0,002	0,002	0,18	Très faible
01/08/2021 au 31/08/2021	302,30	Août	0,23	0,02		0,01				0,26	Très faible
01/09/2021 au 30/09/2021	343,03	Septembre	0,32	0,18	0,004	0,01	0,001	0,005	0,51	Faible	
01/10/2021 au 30/10/2021	408,38	Octobre	0,03	0,01						0,04	Très faible

Tableau 19 : Niveau d'activité par espèce observé en nacelle par mois (en ct/h)

Il en ressort que :

- La pipistrelle commune est contactée en altitude à partir du mois de juin. Elle a un niveau d'activité très faible au cours du mois de juin et de juillet : période correspondant à l'installation des colonies de mise-bas. Son niveau d'activité redévient très faible au mois de juillet, cela peut s'expliquer par le fait que les individus chassent essentiellement près du sol et ne soient pas captés à hauteur de nacelle. Le niveau d'activité devient faible entre les mois d'août et septembre, il s'agit de la période de swarming et de transit automnal, souvent synonyme d'une activité élevée.
- La pipistrelle de Nathusius est présente sur 5 des 7 mois. Son niveau d'activité est faible entre les mois de juin et de juillet. Ce niveau d'activité à cette période correspond à l'installation des colonies de mise-bas. Son niveau d'activité est très faible au mois d'août, mais devient fort au cours du mois de septembre, période de swarming et de transit automnal.

- La sérotine commune fut contactée seulement au cours du mois de septembre. Son niveau d'activité est très faible.
- La noctule commune a été contactée essentiellement au début et pendant la période de swarming et de transit automnal, entre août et septembre. Sur ces deux mois son niveau d'activité est très faible, les signaux correspondent à du transit.
- La noctule de Leisler a été contactée pendant la période de mise-bas et d'élevage des jeunes, au cours du mois de juillet. Puis durant la période de swarming et de transit automnal en septembre. Sur ces deux mois son niveau d'activité est très faible, les signaux correspondent à du transit.

V.1.4 Répartition temporelle des contacts

L'activité la plus élevée est au mois de septembre (0,51 contact/h) et la plus faible est au mois d'avril et de mai (0 ct/h). La diversité spécifique est au maximum de 5 espèces au cours du mois de septembre, dans une moindre mesure également au cours du mois de juillet et août avec 3 espèces. Par ailleurs, il est à noter que le mois de septembre correspond à la période de dispersion automnale, c'est aussi une période de migration pour certaines espèces comme la pipistrelle de Nathusius.

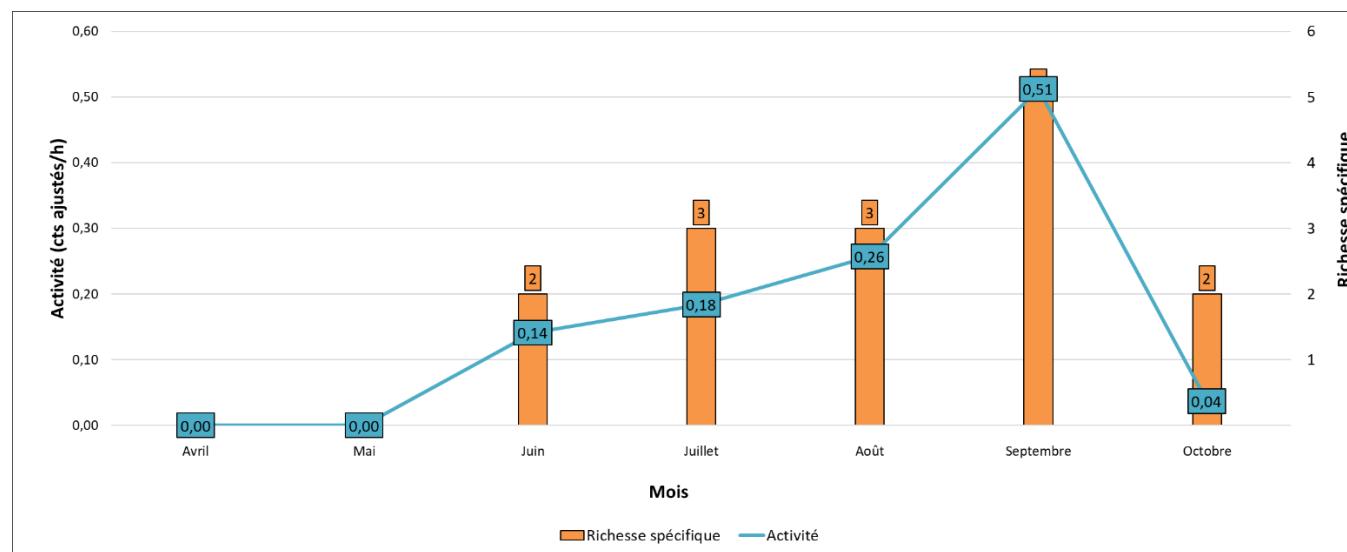


Figure 17 : Évolution de l'activité et de la diversité spécifique au cours de la saison 2021

V.1.5 Comparaison du suivi en nacelle 2021 avec le suivi en nacelle 2019

Lors du suivi au cours de l'année 2019, 3 espèces de chauves-souris avaient été identifiées, il s'agit de la pipistrelle commune, la pipistrelle de Kuhl, la pipistrelle de Nathusius. En 2021, à l'exception de la pipistrelle de Kuhl, ces mêmes espèces ont de nouveau été contactées, à cette liste s'ajoute également la noctule commune, la noctule de Leisler et la sérotine commune. La richesse est donc plus élevée pour cette année 2021.

À l'image de l'année 2019, la pipistrelle commune ressort, étant l'espèce la plus active sur le site. Toutefois, on note une augmentation importante des contacts qui a plus que doublé pour cette espèce au cours de l'année 2021. La pipistrelle de Nathusius voit également ses effectifs doublés par rapport à l'année 2019.

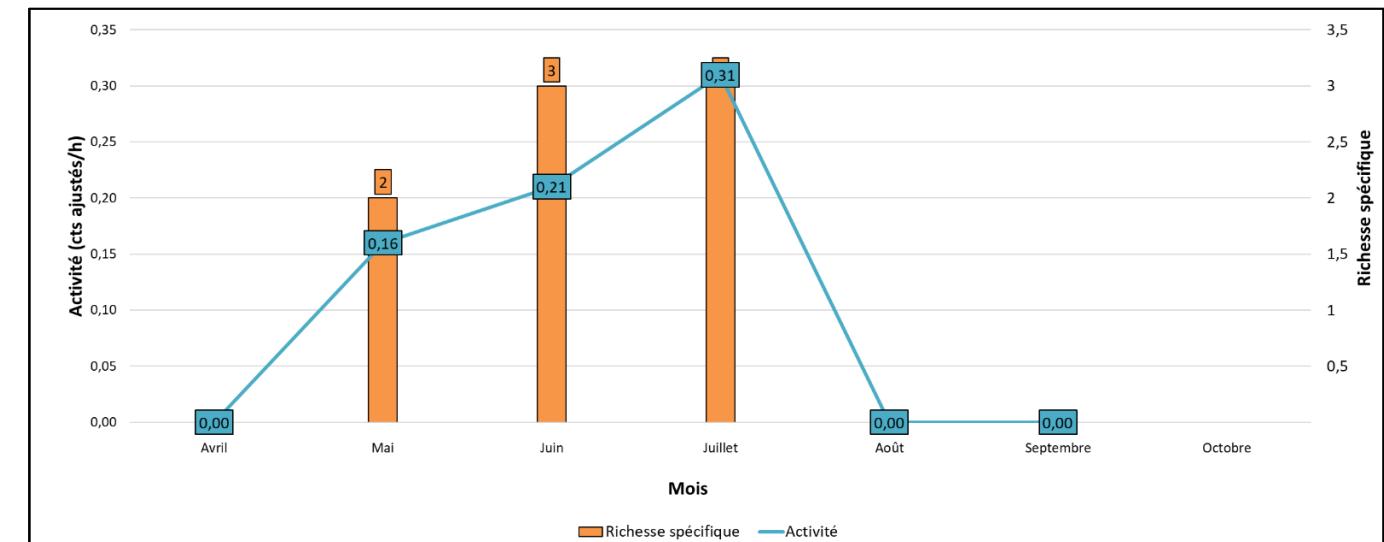


Figure 18 : Évolution de l'activité et de la diversité spécifique au cours de la saison 2019

Le nombre de contacts global est également en augmentation entre 2019 et 2021. Par mois, on note une diminution au cours des mois de juin et juillet. En 2021, aucun contact n'a été enregistré au cours du mois de mai. En 2019, aucun contact n'a été enregistré sur les mois d'août, septembre et octobre.

V.1.6 Impact de la température sur l'activité des chiroptères

L'analyse de l'activité des chiroptères en fonction des conditions météorologiques permet de définir les plages temporelles les plus à risque. Il est ainsi possible de prévoir un éventuel bridage tout en l'adaptant au plus juste pour limiter l'impact sur les chiroptères.

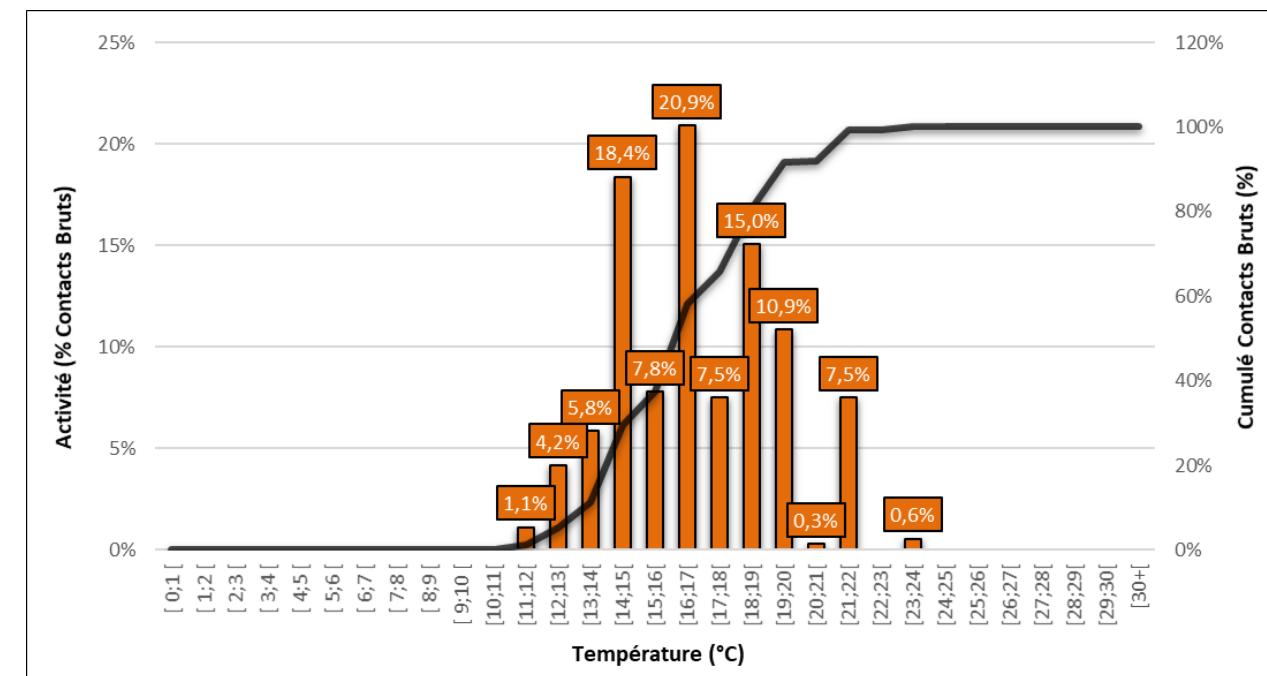


Figure 19 : Évolution de l'activité des chiroptères en fonction de la température (°C)

Après croisement de l'activité chiroptérologique en fonction de la température, on remarque que **81% de l'activité se concentre entre 14°C et 20°C inclus**, dont 47% comprise entre 14°C et 17 °C (voir graphique ci-dessus). En dessous de 14 °C, on note 11% de l'activité. Au-dessus de 20°C, le nombre de contacts est plus faible, on retrouve 8% de l'activité chiroptérologique. Des contacts ont même été notés jusqu'à une température de 23-24°C en altitude lors des nuits des mois de juin et de juillet ainsi que du mois de septembre.

V.1.7 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.

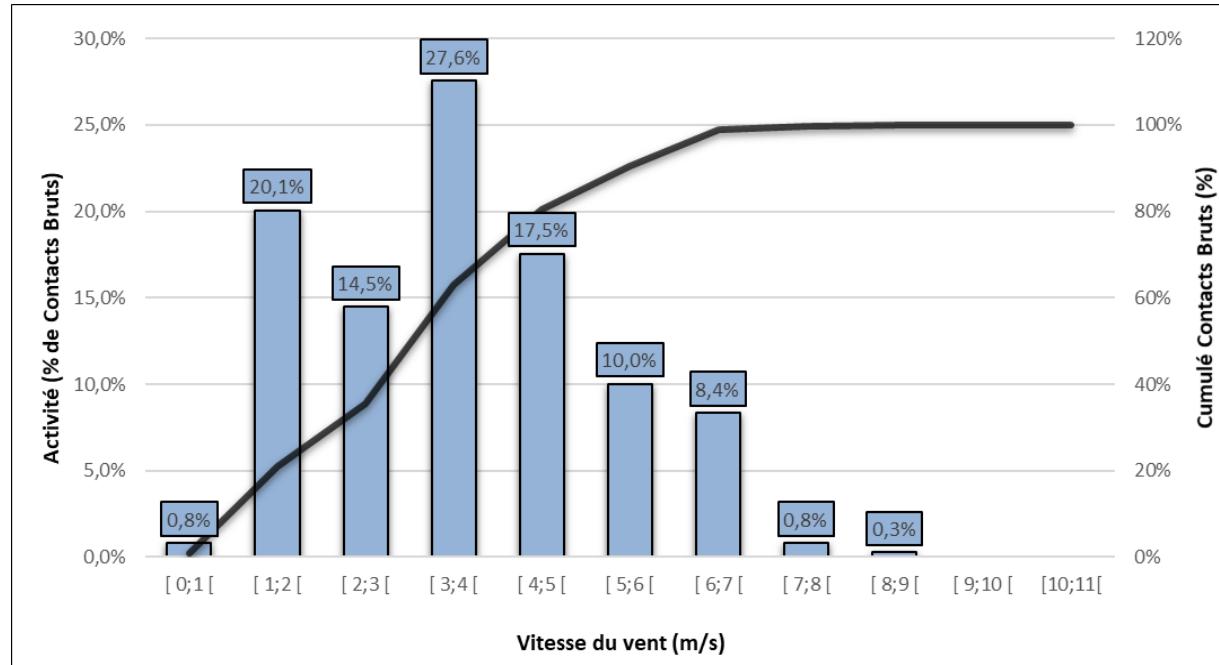


Figure 20 : Évolution de l'activité des chiroptères en fonction de la vitesse du vent

Les chauves-souris sont ainsi actives à hauteur de pale lorsque la vitesse du vent est comprise entre 0 et 7 m/s, pas moins de 99% de l'activité est enregistré dans cet intervalle de vitesse. L'optimum est atteint **entre 3 et 4 m/s, avec 28% des contacts**. Au-delà de ces valeurs, l'activité chiroptérologique diminue, 1% de l'activité est enregistré pour des vents entre 7 et 9 m/s.

La vitesse du vent joue donc un rôle très important sur le parc éolien de Boquého.

V.1.7.1 Comparaison avec le suivi en nacelle 2019

Tableau 20 : Comparaison de l'influence de la vitesse du vent pour les chiroptères entre 2019 et 2021

Vitesse vent (m/s)	2019		2021	
	Nombre de contacts	% cumulé	Nombre de contacts	% cumulé
[0;1[	13	7%	3	1%
[1;2[	53	37%	72	21%
[2;3[	68	76%	52	35%
[3;4[	23	89%	99	63%
[4;5[	6	92%	63	81%
[5;6[	8	97%	36	91%
[6;7[	3	99%	30	99%
[7;8[	2	100%	3	100%
[8;9[	-	100%	1	100%

Lors du suivi en nacelle de 2019 l'influence de la vitesse du vent sur l'activité des chiroptères avait déjà été mise en avant. En effet, l'optimum d'activité des chiroptères à l'époque était compris entre 0 et 4 m/s, le nombre de contacts diminuait fortement par la suite. En 2021 et 2019, **l'optimum d'activité se situe entre 0 et 7 m/s**. Une variation interannuelle est observable, avec cette année 2021 un plus grand nombre d'individus étant actifs par vent plus fort et de fait une limite de vent plus élevée.

V.1.8 Impact des précipitations sur l'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.1.9 Activité des chiroptères en fonction de l'heure du coucher du soleil

Pour rappel, les enregistrements pour les suivis chiroptères s'effectuent 30 min avant le coucher du soleil et jusqu'à 30 min après le lever du soleil. Ceci correspond à la période d'activité des chiroptères.

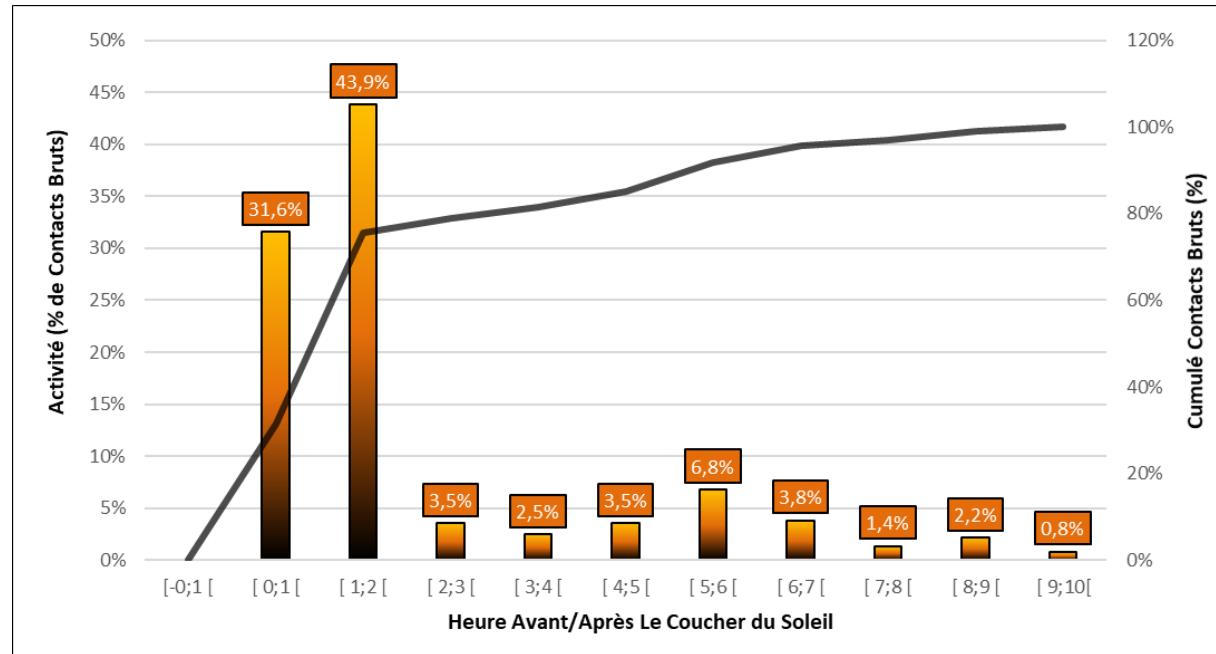


Figure 21 : Activité des chiroptères en fonction de l'heure du coucher du soleil

Si l'on s'intéresse à l'activité en fonction de l'heure du coucher du soleil, on constate que 76 % de l'activité est comprise entre 0 et 2 h après le coucher du soleil. Au-delà de 2 h après, le coucher de soleil, l'activité diminue nettement, mais il est observé tout même 24% de l'activité. Cette dernière correspond à la seconde période d'activité des chiroptères, où l'activité est généralement plus faible.

V.1.10 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.1.10.1 Détermination du 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. Trois statuts ont ainsi été choisis afin de déterminer le niveau d'enjeu :

- 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 21 : Échelle 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 22 : 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 »

V.1.10.2 Évaluation du niveau d'enjeu

Ce sont au total 5 espèces qui ont été inventoriées au niveau de l'éolienne E2. Toutes les espèces de chauves-souris sont protégées en France, mais elles n'ont pas le même statut.

Tableau 23 : Statut de protection et de conservation des espèces inventoriées et leur niveau d'enjeu

Nom vernaculaire	Nom scientifique	LR France (2017)	LR Bretagne (2015)	Protection nationale	Directive Habitats	Enjeu patrimonial
Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	VU	NT	Article 2	Annexe IV	Fort
Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	NT	NT	Article 2	Annexe IV	Fort
Pipistrelle de Natusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	NT	NT	Article 2	Annexe IV	Fort
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	NT	LC	Article 2	Annexe IV	Faible
Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>	NT	LC	Article 2	Annexe IV	Faible

La noctule commune, la noctule de Leisler et la pipistrelle de Natusius sont classées en enjeu patrimonial « fort », du fait qu'elles sont listées sur les listes rouge nationale et régionales ou classées en annexe II de la Directive Habitats. Les autres espèces, à savoir la pipistrelle commune et la sérotine commune, disposent d'un enjeu patrimonial faible.

V.1.10.3 Détermination du niveau de sensibilité

La sensibilité des chiroptères recoupe deux aspects : la sensibilité à la perte d'habitats et la sensibilité aux collisions. 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.

Tableau 24 : 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>Roussettus aegyptiacus</i>
<i>Pipistrellus spp.</i>	<i>Barbastella spp.</i>	<i>Plecotus spp.</i>	<i>Taphozous nuditiventris</i>
<i>Vespertilio 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>			

* = dans les zones riches en eau ** = exclusif *Myotis dasycneme* dans les zones riches en eau ; Source : EUROBATS, 2014

Trois niveaux de sensibilité ressortent pour les espèces présentes en France et une note est attribuée en fonction de ceux-ci.

Tableau 25 : Calcul du niveau de sensibilité

Niveau de sensibilité	Notation
Sensibilité faible	0,5
Sensibilité moyenne	1
Sensibilité forte	2

V.1.10.4 Évaluation du niveau de sensibilité

Les chauves-souris n'ont pas toutes la même sensibilité face à l'éolien. Les espèces de haut vol 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.

Tableau 26 : Comportement et sensibilité des espèces

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Hauteur de vol (Eurobats, 2015)	Migration ou déplacements sur de longues distances	Attriée par la lumière	Mortalité avérée avec les éoliennes (Eurobats, 2016)	Risque de collision (Eurobats, 2014)	Note de sensibilité	Niveau de sensibilité face à l'éolien
Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	Vol haut et bas	Oui	Oui	Oui	Fort	2	Fort
Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	Vol haut et bas	Oui	Oui	Oui	Fort	2	Fort
Pipistrelle de Natusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	Vol haut et bas	Oui	Oui	Oui	Fort	2	Fort
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Vol haut et bas	Non	Oui	Oui	Fort	2	Fort
Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>	Vol haut et bas	Non	Oui	Oui	Moyen	1	Moyen

Il ressort de ce tableau que toutes les espèces ont une sensibilité forte à l'éolien, excepté la sérotine commune qui a une sensibilité moyenne.

V.1.10.5 Évaluation du niveau de vulnérabilité

Le croisement des niveaux d'enjeux et de sensibilité permet d'obtenir le niveau de vulnérabilité de chaque espèce et permet ainsi de faire ressortir les espèces concernées par un parc éolien.

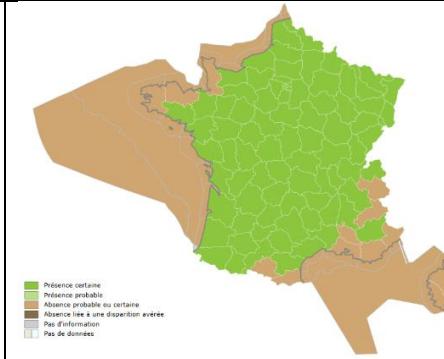
Tableau 27 : Vulnérabilité des espèces de chauves-souris

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

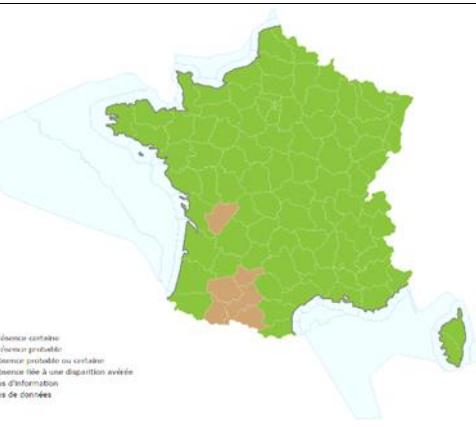
Toutes les espèces présentes sont donc concernées par un niveau de vulnérabilité « modéré » à « fort » et sont à prendre en compte, notamment les espèces migratrices.

V.1.10.5.1 Présentation des espèces classées vulnérables

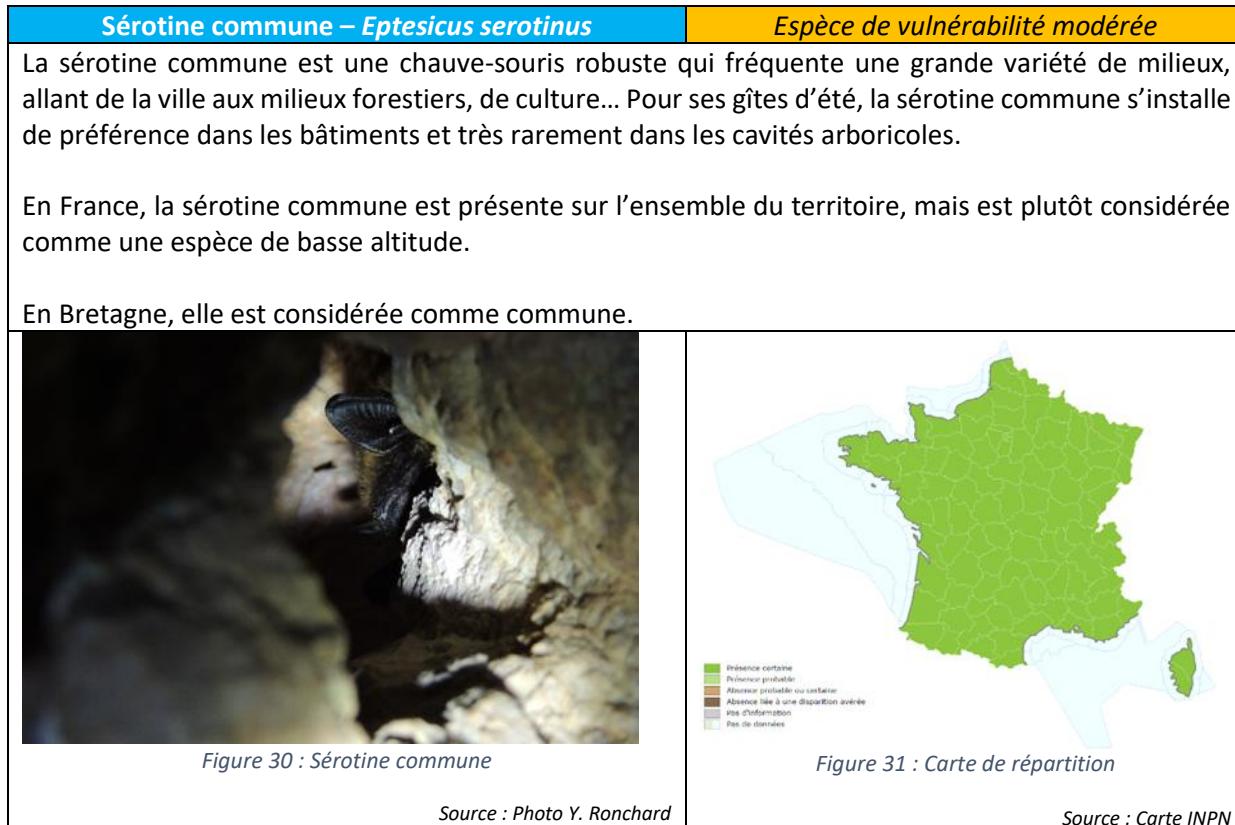
Afin de mieux appréhender les espèces de chauves-souris présentant une vulnérabilité modérée à forte, elles sont présentées dans ce paragraphe.

Noctule commune – <i>Nyctalus noctula</i>	Espèce de vulnérabilité forte
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.	
En France, l'espèce est présente sur la quasi-totalité du territoire. Sa densité tend toutefois à décliner fortement.	
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.	
	
Figure 22 : Noctule commune Source : Synergis-environnement	Figure 23 : Carte de répartition Source : INPN

Noctule de Leisler – <i>Nyctalus leisleri</i>	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 24 : Noctule de Leisler Source : ONF	Figure 25 : Carte de répartition Source : INPN

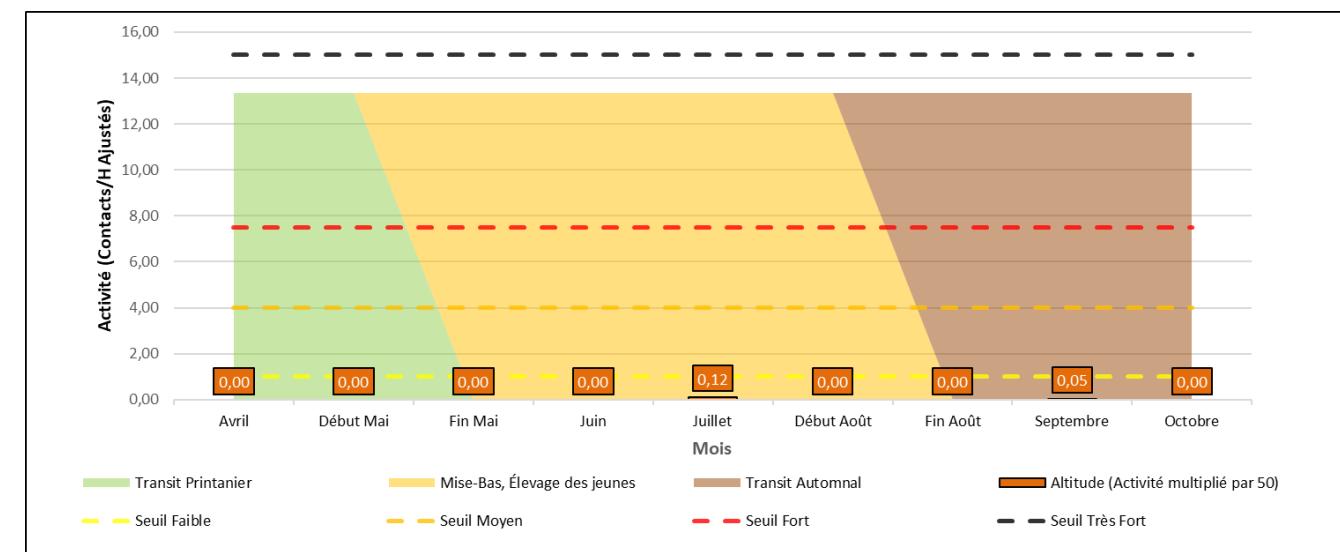
Pipistrelle de Nathusius – <i>Pipistrellus nathusii</i>	Espèce de vulnérabilité forte
La pipistrelle de Nathusius est une espèce forestière qui fréquente préférentiellement les boisements avec de nombreux points d'eau. Il s'agit d'une espèce migratrice qui vole sur de grandes distances entre ses gîtes de mise bas et d'hibernation.	
En France, l'espèce est plus présente sur les zones littorales qu'au centre. En Bretagne, elle est considérée comme rare ou très localisée.	
	
Figure 26 : Pipistrelle de Nathusius Source : Photo J.Wedd	Figure 27 : Carte de répartition Source : Carte INPN

Pipistrelle commune – <i>Pipistrellus pipistrellus</i>	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 28 : Pipistrelle commune Source : Synergis-environnement	Figure 29 : Carte de répartition Source : Carte INPN



Espèce migratrice, l'activité de la noctule commune est très faible tout au long de la saison d'écoute, elle est contactée en altitude à partir de début août jusqu'au la fin du mois de septembre. À la vue de cette activité, et en prenant en compte son niveau de vulnérabilité globale, **sa vulnérabilité sur site est considérée comme faible**.

V.1.10.5.2.2 Noctule de Leisler



Espèce migratrice, l'activité de la noctule de Leisler est très faible au cours de la saison, elle est contactée seulement au cours des mois de juillet et de septembre. À la vue de cette activité, et en prenant en compte son niveau de vulnérabilité globale, **sa vulnérabilité sur site est considérée comme faible**.

V.1.10.5.2.3 Pipistrelle de Natusius



Espèce migratrice, la pipistrelle de Natusius fait partie des espèces les plus représentées en altitude sur le parc éolien de Boquého. Elle se montre active au début de la saison de mise-bas et élevage des jeunes. Avec un pic d'activité au mois de juillet, restant toutefois faible. Son activité baisse, en altitude, par la suite, pour de nouveau augmenter en période de transit automnal, avec pic de forte activité au cours du mois de septembre.

De fait, à la vue de son activité, et en prenant en compte son niveau de vulnérabilité globale, **sa vulnérabilité sur site est considérée comme forte**.

V.1.10.5.2.4 Pipistrelle commune

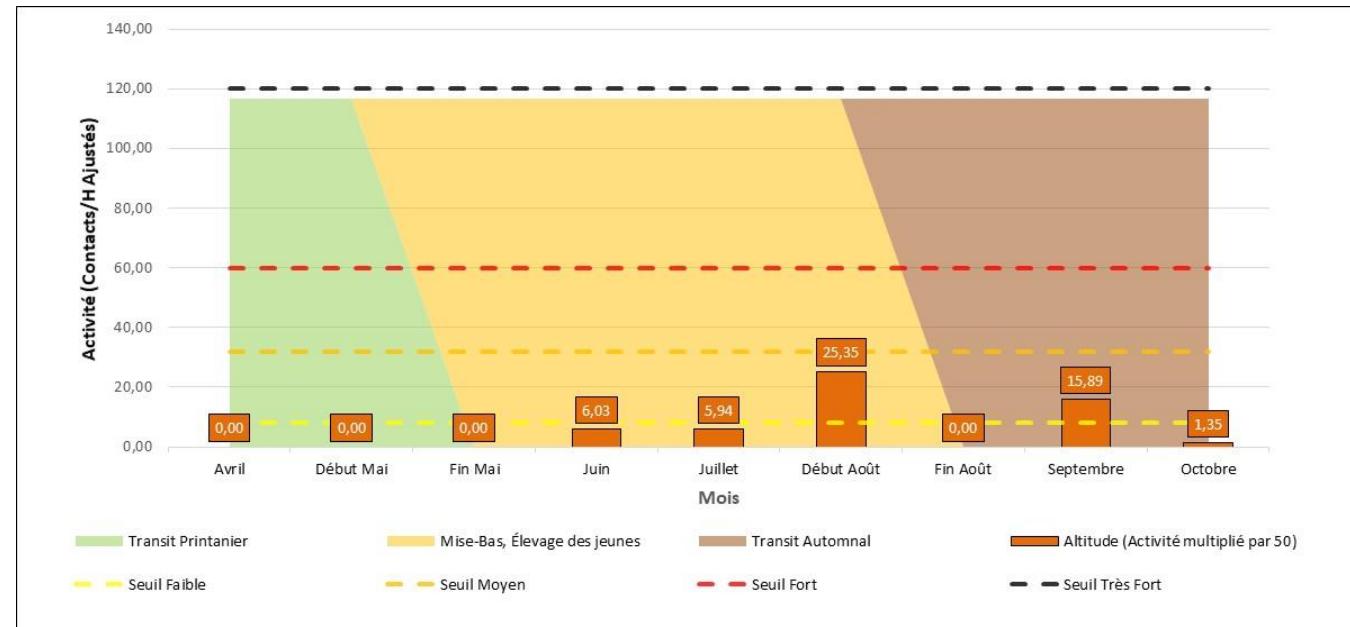


Figure 35 : Activité (en ct/h) de la pipistrelle commune au cours de la saison en nacelle

Il s'agit de l'espèce la « plus active » et la plus présente sur le site, elle est contactée en altitude à partir du mois de juin. De manière globale, elle possède un niveau d'activité faible entre la période de mise-bas et élevage des jeunes, jusqu'à la période automnale. On observe un nombre de contacts plus élevé au début du mois d'août, toutefois le niveau d'activité reste faible.

À la vue de cette activité et en prenant en compte le risque de collision important pour cette espèce, **sa vulnérabilité sur site est donc jugée faible**.

V.1.10.5.2.5 Sérotine commune

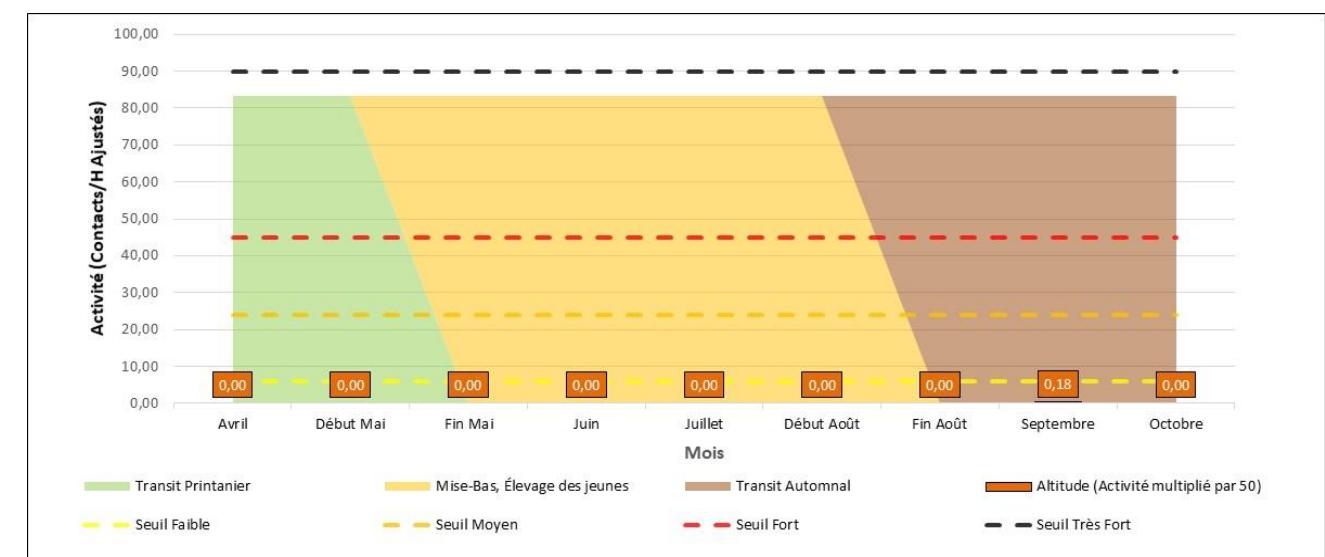


Figure 36 : Activité (en ct/h) de la Sérotine commune au cours de la saison en nacelle

L'activité de la sérotine commune est anecdotique et se concentre au mois de septembre, aucun pic d'activité n'a été observé. À 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 Synthèse des enjeux et vulnérabilités

Tableau 28 : Niveau d'enjeu et de vulnérabilité des espèces sur le parc éolien de Boquého

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

Conclusion du suivi en nacelle des chiroptères

Le suivi en nacelle des chiroptères du parc de Boquého s'est déroulé entre les semaines 13 et 43 sur l'éolienne E2.

L'activité est très faible sur l'ensemble de la saison, avec une activité de 0,20 ct/h. Ces contacts ont été enregistrés au début de la saison de mise-bas et élevage des jeunes jusqu'à la fin la saison automnale. Le pic d'activité est au mois de septembre avec 0,51 ct/h, soit un niveau d'activité faible.

Par ailleurs, pas moins de 99% des individus ont été contactés avec un vent inférieur à 7 m/s. Dans le même temps, l'activité se concentre principalement dans un intervalle de température compris entre 13°C et 19°C. Enfin, on note une activité élevée lors des deux premières heures de la nuit après le coucher du soleil. Par la suite elle diminue, mais l'activité reste constante tout au long de la nuit.

Cinq espèces ont été enregistrées, deux du genre *Pipistrellus*, deux du genre *Nyctalus* et la sérotine commune. Celles-ci ont toutes un niveau de sensibilité modéré ou fort à l'éolien.

La vulnérabilité sur site de ces espèces est considérée comme « forte » pour la pipistrelle de Natusius du fait d'un fort pic d'activité lors de la période de swarming et de transit automnal. La vulnérabilité est « faible » pour la noctule commune, la noctule de Leisler, la pipistrelle commune et la sérotine commune.

Le risque de collision pour les chiroptères semble assez élevé pour la période de swarming et de transit automnal. Ce qui est à l'opposé de ce décrit en 2019. Une variabilité interannuelle de l'activité de chiroptères semble présente sur ce parc.

VI. SUIVI DE MORTALITE

VI.1 Historique

VI.1.1 2019 : Synergis Environnement

En 2019, un suivi de mortalité est opéré sur le site. Le protocole suivi est celui actuellement en vigueur qui prévoit 24 passages de la semaine 20 à 43. Ce suivi de mortalité a recensé 3 cas de mortalités, dont 1 oiseau et 2 chiroptères. L'estimation de mortalité réelle à cette année a pu être calculée : pour les **chiroptères** l'estimation est de **9 cas de mortalité et celle des oiseaux de 5**.

Tableau 29 : Bilan des cas de mortalité constatés lors du suivi de mortalité en 2019

Espèces	Date de découverte	Éolienne
Martinet noir (<i>Apus apus</i>)	2019-06-17	E3
Pipistrelle commune (<i>Pipistrellus pipistrellus</i>)	2019-07-15	E3
Pipistrelle commune (<i>Pipistrellus pipistrellus</i>)	2019-09-09	E3

VI.2 Résultats

VI.2.1 Protocole mis en œuvre

VI.2.1.1 Fréquence de suivis

Les interventions ont été réalisées de fin-mai à fin octobre (semaine 20 à 43), chaque jeudi de la semaine, soit 24 interventions au cours de l'année 2021 (Tableau 30).

Tableau 30 - Planning de réalisation du suivi de mortalité

Dates	Intervenants
20/05/2021	Mathilde Migault
27/05/2021	Mathilde Migault
03/06/2021	Bastien Blanc, Mathilde Migault
10/06/2021	Mathilde Migault
17/06/2021	Mathilde Migault
24/06/2021	Mathilde Migault
01/07/2021	Mathilde Migault
08/07/2021	Mathilde Migault
15/07/2021	Mathilde Migault
22/07/2021	Mathilde Migault
29/07/2021	Bastien Blanc, Mathilde Migault
05/08/2021	Mathilde Migault
12/08/2021	Mathilde Migault
19/08/2021	Mathilde Migault
26/08/2021	Mathilde Migault
02/09/2021	Mathilde Migault
09/09/2021	Mathilde Migault
16/09/2021	Mathilde Migault
23/09/2021	Mathilde Migault

Dates	Intervenants
30/09/2021	Mathilde Migault
07/10/2021	Mathilde Migault
14/10/2021	Mathilde Migault
21/10/2021	Mathilde Migault
28/10/2021	Mathilde Migault

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 4 aérogénérateurs. La surface à prospecter correspond à un carré de 100m x 100m, soit une surface de 1ha autour de chaque éolienne. 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 quadra (périmètre de la surface à prospecter). Celui-ci est ligné par des transects (Figure 38). 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 10m.

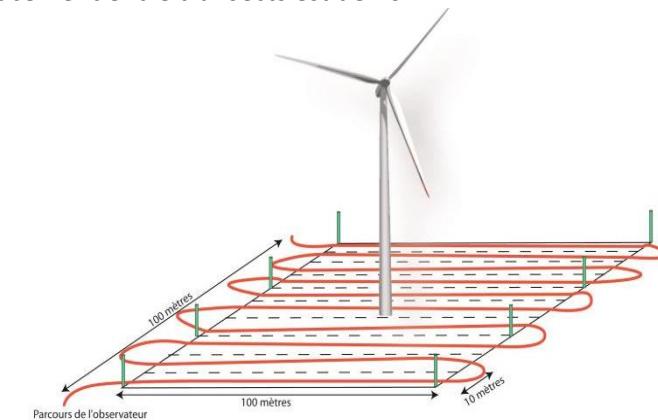


Figure 37 : Schéma de principe des recherches de terrain

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 prospecteur, la hauteur des surfaces prospectées et au besoin, l'espèce localisée, une estimation de son âge, son état, etc.

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

1.1.2 - Test de persistance

Pour déterminer ce coefficient, 10 cadavres de poussins et 10 de souris sont disséminés et répartis au pied des quatre 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 où 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 ont été menés durant le suivi de mortalité (tableau suivant).

Tableau 31 : Planning de réalisation des tests de persistance

Dates	Intervenants	Interventions
30/06/2021	Mathilde Migault	Mise en place du test 1
01/07/2021	Mathilde Migault	Contrôle test 1
02/07/2021	Mathilde Migault	Contrôle test 1
05/07/2021	Teddy Sauvée	Contrôle test 1
08/07/2021	Mathilde Migault	Contrôle test 1
15/07/2021	Mathilde Migault	Contrôle test 1
29/09/2021	Mathilde Migault	Mise en place du test 2
30/09/2021	Mathilde Migault	Contrôle test 2
01/10/2021	Mathilde Migault	Contrôle test 2
04/10/2021	Margaux Feon	Contrôle test 2
07/10/2021	Mathilde Migault	Contrôle test 2
14/10/2021	Mathilde Migault	Contrôle test 2



Figure 38 : Localisation des quadras et transects du suivi de mortalité du site éolien de Boquého



Figure 39 : Habitats simplifiés dans les quadrats des éoliennes du site de Boquého

VI.2.2 Occupation du sol au pied des éoliennes

Cinq types de couverts sont majoritairement présents : culture, voirie (comprenant les plateformes et les chemins d'accès), prairie de fauche, boisement (comprenant également les haies) et roncier (Tableau 32).

Les prairies sont majoritaires avec 51% de la surface totale des quadrats. Viennent ensuite les cultures qui recouvrent 24% de la surface des quadrats. Ces différents couverts fluctuent en hauteur au fil du suivi. Ce qui n'est pas le cas des voiries, des boisements, des ronciers et des zones rudérales composées par les plateformes et de leurs chemins d'accès à hauteur de 25 % de la surface totale.

Tableau 32 : Types d'habitats rencontrés et surfaces associées

Typologie simplifiée des habitats	Surface (en m ²)	Pourcentage
Prairie	20 456	51 %
Culture	9 556	24 %
Boisement	5 096	13 %
Voirie	4 527	11 %
Roncier	273	1 %

Ces couverts induisent quatre types de surfaces, du point de vue du suivi (Figure 39) :

- Les plateformes qui sont considérées comme des « surfaces planes »
- les prairies qui sont en « végétation basse », « végétation moyenne » ou « végétation haute », selon la période
- les cultures qui sont soit « surface plane », « végétation basse », « végétation moyenne » ou « végétation haute », selon la culture et son développement
- les boisements et ronciers sont considérées comme « non prospectables »

VI.2.3 Surfaces prospectées

La surface globale prospectée reste dans l'ensemble homogène au cours de la période de prospection (médiane : 16 973 m² ; moyenne : 15 014 m² ; Figure 40).

Lors des premières semaines, la surface prospectée est dans les plus élevées du suivi. La fauche de la parcelle de l'éolienne E3 a permis lors de la semaine 23 de prospecter plus de 20 000 m², atteignant le maximum de surface prospectée de l'année. Durant les cinq semaines suivantes, les surfaces prospectées restent globalement identiques. La pousse de la végétation induit lors des semaines 29 à 31 une surface de prospection réduite. Elle va baisser en dessous de la barre des 9 000 m² ; ceci est naturellement dû à la pousse de la végétation des prairies. Les différentes fauches permettent les semaines suivantes de retrouver une surface prospectable plus élevée. À partir de la semaine 37, la surface prospectable va fluctuer entre les semaines selon la pousse de la végétation et les actions de fauches. Le maximum de surface prospectable possible de 25 000 m² n'est jamais atteint.

Le patron de surface prospectable entre les deux années est relativement différente. En 2019, au commencement de la prospection, la surface prospectable est très basse, à la suite de prairies fauchées, la semaine qui suit, la

surface de prospection a plus que triplé, arrivant au même niveau de prospection qu'en 2021. Les périodes à faible surface prospectable en 2019 sont généralement dans les plus prospectable en 2021. Il atteindra son maximum en semaine 27 et 28 sans atteindre celui de 2021. Les périodes de fauches sont en décalage vers la fin de prospection entre les deux années.

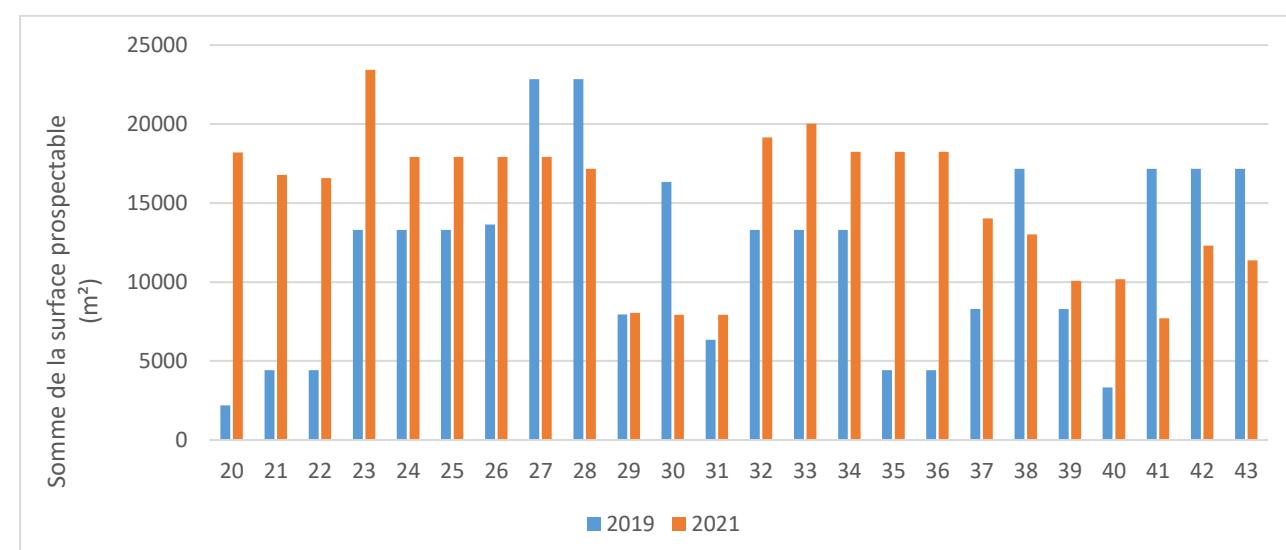


Figure 40 : Représentation de la surface prospectée en fonction des dates d'inventaires en 2020 et 2021

La moyenne des surfaces prospectées par éoliennes au cours du suivi est opposée au cours de l'année 2019 et de 2021 (sauf pour l'E2 qui est proche). Cette année 2021, c'est l'éolienne E4 qui a été la plus prospectée en termes de surfaces avec en moyenne plus de 4 000 m² sur 10 000 m² possibles. Cette éolienne se situe sur une zone entièrement cultivée. Les éoliennes E1, E2 et E3 sont principalement entourées de prairies fauchées qui en leur sein ont des hauteurs de végétation très disparates et disposent de surfaces dites non prospectables plus ou moins importantes (boisements, haies) ce qui réduit la surface prospectable.

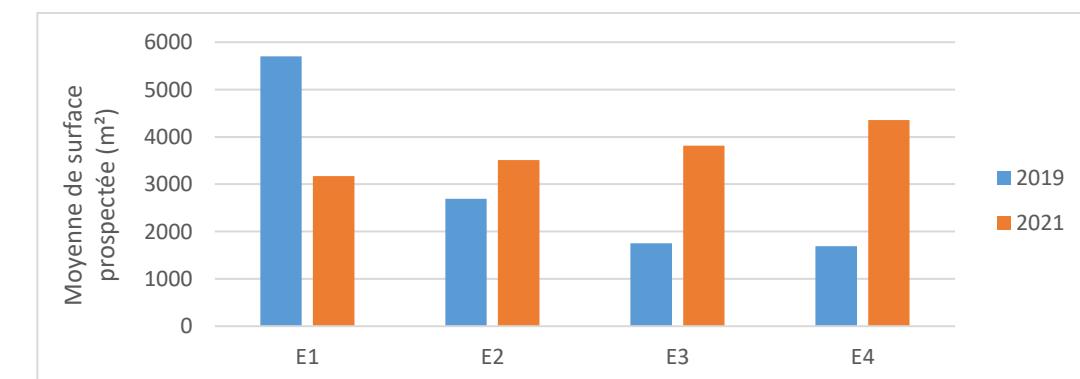


Figure 41 : Moyenne des surfaces prospectées par éoliennes en 2020 et 2021

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 timing 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.

L'intervenant principal a été testé sur un total de 45 leurre lors des deux tests génériques. Ces tests ont été mis en place sur un total de linéaire de 357m. Les résultats des tests sont utilisés directement dans : Taux de détection composite par éolienne Tableau 35

VI.2.4.2 Test de persistance

Le test consiste à disperser, comme proies, 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 30 juin ; le second le 29 septembre (Tableau 33). Ces deux tests sont réalisés sur l'intégralité du parc, avec 4 ou 5 proies par éoliennes.

Tableau 33 : Tests de persistance

Tests	Date de passage	Nbre de proies restantes	Persistance (j)	Persistance moyenne (j)
Test 1 du 30 juin	30/06/2021	20	-	4,3
Test 1 du 30 juin	01/07/2021	16	0,5	
Test 1 du 30 juin	02/07/2021	15	1,5	
Test 1 du 30 juin	05/07/2021	3	3,5	
Test 1 du 30 juin	15/07/2021	0	11,5	
Test 2 du 29 septembre	29/09/2020	20	-	5,4
Test 2 du 29 septembre	04/10/2021	11	3,5	
Test 2 du 29 septembre	07/10/2020	1	6,5	
Test 2 du 29 septembre	14/10/2020	0	11,5	

Le premier test montre une persistance « moyenne » de 4,3 jours. La disparition des cadavres est légèrement plus basse en septembre avec la quasi-totalité des cadavres qui ont disparu en 5,4 jours lors du second test.

Le taux de persistance global est de 4,9 jours sur le parc éolien de Boqueho-Plouagat.

En 2019 ce taux était également de 4,9 jours.

VI.2.5 Prise en compte conjointe 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 34). La moyenne de ces taux sur la durée du suivi sera prise en compte par éolienne et pour l'ensemble du parc.

Tableau 34 : 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
16-09-2021	Mathilde Migault	E2	1000	580	2000	6420	0
23-09-2021	Mathilde Migault	E2	1000	580	1000	7420	0
30-09-2021	Mathilde Migault	E2	1000	624	796	7580	0
07-10-2021	Mathilde Migault	E2	1000	624	796	7580	0
14-10-2021	Mathilde Migault	E2	1114	624	0	8262	0

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 45 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 35)

Tableau 35 : Taux de détection composite par éolienne		
Eolienne	Taux de détection composite	Détection théorique
E1	0,203	9,117
E2	0,219	9,866
E3	0,238	10,721
E4	0,342	15,370
Parc	0,250	11,268

VI.2.6 Données de mortalité constatée

Durant le suivi 2021 sur le parc de Boqueho-Plouagat et de ses 4 éoliennes, **trois cas de mortalité** ont été enregistrés (Tableau 36) concentrés uniquement sous E3. **Deux portaient sur des cadavres de pipistrelles** (dont une pipistrelle de Kuhl *Pipistrellus kuhlii* et une Pipistrelle indéterminée *Pipistrellus sp*). Le troisième cadavre correspond à un **faucon crécerelle** *Falco tinnunculus*.

Date	Espèce retrouvée	Eolienne
10/06/2021	Pipistrelle de Kuhl (<i>Pipistrellus kuhlii</i>)	E3
10/06/2021	Pipistrelle indéterminée (<i>Pipistrellus spe</i>)	E3
19/08/2021	Faucon crécerelle (<i>Falco tinnunculus</i>)	E3

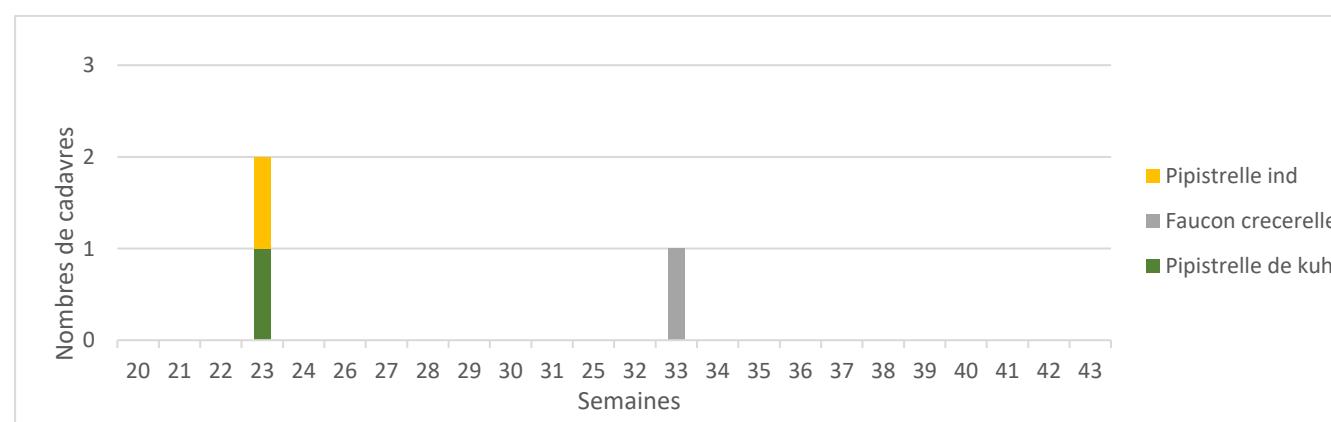


Figure 42 : Chronologie des découvertes de cadavres

❖ Chiroptère

Les deux cas de mortalités des chiroptères sont retrouvés peu de temps après la période de transit printanier, lorsque les individus recherchent un site de mise bas pour éléver les jeunes.

Mai	Juin					Juillet				Août				Septembre				Octobre					
20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
Transit printanier - gestation	Mise bas - Elevage des jeunes										Accouplement - transit automnal												

Figure 43 : Calendrier des périodes favorables à l'activité des chiroptères et cycles de vis des chiroptères

❖ Avifaune

La date de découverte des plumes de faucon crécerelle correspond au moment où la culture de blé a été fauchée. Les micromammifères sont plus facilement repérables après une fauche, moment de prédilection pour chasser pour de nombreux prédateurs notamment les busards, faucons et renards.

VI.2.7 Évaluation de la mortalité réelle

VI.2.7.1 Comparaison avec les précédents suivis

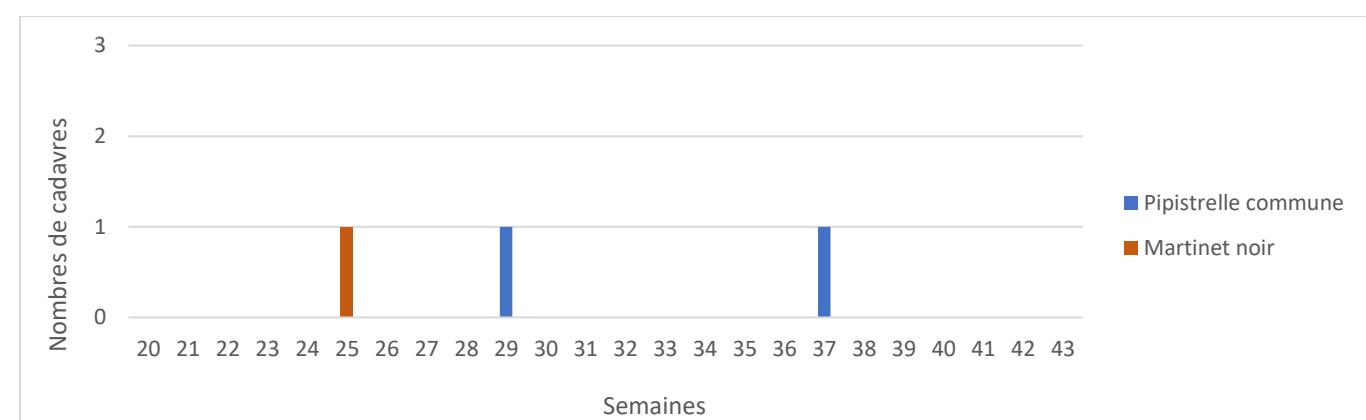


Figure 44 : Chronologie des découvertes de cadavres en 2019

Le suivi de 2019 a mis en évidence sous l'éolienne E3 la mort d'un martinet noir le 17/06/2019 et de deux pipistrelles communes le 15/07/2019 et 09/09/2019.

Les périodes de mortalités sont différentes entre les deux années de suivi de 2019 et 2021.

Il a été supposé que le martinet noir fût un adulte qui s'était éloigné de sa zone de nidification pour se nourrir. Les éoliennes attirant certains insectes, des oiseaux se risquent entre les pales des éoliennes pour les attraper.

En ce qui concerne les périodes de découvertes des cas de mortalités des chiroptères, une des pipistrelles communes retrouvées en 2019 était en période de transit entre les gîtes estivaux et les gîtes de hivernaux.

Les chauves-souris retrouvées en 2021 (semaine 23) devaient être encore en transit alors que la pipistrelle commune retrouvée en 2019 (en semaine 29), soit en période d'élevage des jeunes, devait être à la recherche de nourriture.

Tableau 37 : Compilation de la mortalité constatée par éolienne et par année

Eolienne	2019	2021
E1	-	-
E2	-	-
E3	Pipistrelle commune Pipistrelle commune Martinet noir	Pipistrelle de Kuhl Pipistrelle sp Faucon crécerelle
E4	-	-

La compilation des mortalités constatées met en évidence que tous les cas de mortalités ont été recensés sous la même éolienne, soit, l'éolienne E3. De plus, il y a autant de cadavres d'oiseaux que de chauves-souris en 2019 et 2021. Toutes les chauves-souris sont également des individus du genre *Pipistrellus*, mais le taxon varie chez les oiseaux.

VI.3 Évaluation de la mortalité réelle

VI.3.1 Évaluation pour le parc entier

L'estimation de la mortalité est calculée via l'application <https://shiny.cef.e.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 suivie.

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.

❖ Chiroptères

Tableau 38 : Estimations de la mortalité réelle des chiroptères sur le parc éolien de Boquého-Plouagat

Parc entier					
Formule	Médiane	IC 2,5	IC 97,5	IC 0,10	IC 0,90
Erickson	29,09	0	128	0	82,49
Huso	37,62	0	166,28	0	106,61
Jones	41,24	0	183,14	0	116,9
Moyenne 2021	36			0	117
Moyenne 2019	9			0	22

Pour le parc entier, la mortalité réelle supposée pour les chiroptères en 2021 est de l'ordre de 36 chauves-souris sur la saison de suivi, avec un chiffre réel probablement situé entre 2 (car 2 cadavres découverts) et 117 individus. En 2019 cette estimation été de 9 [2 ; 22] IC 80%.

Il est difficile de conclure avec certitude à une augmentation significative de la mortalité réelle entre l'année 2019 et 2021 étant donné que le taux de persistance et la surface prospectée sont similaires entre les deux années. Le facteur pouvant expliquer cette différence se trouve dans le taux de détection plus élevé chez l'intervenant de 2019 comparé à celui de 2021.

❖ Avifaune

Tableau 39 : Estimations de la mortalité réelle des chiroptères sur le parc éolien de Boquého-Plouagat

Parc entier					
Formule	Médiane	IC 2,5	IC 97,5	IC 0,10	IC 0,90
Erickson	14,55	0	62,73	0	39,25
Huso	18,77	0	79,94	0	51,08
Jones	20,65	0	88,64	0	55,76
Moyenne 2021	18			0	56
Moyenne 2019	5			0	12

Pour le parc entier, la mortalité réelle supposée pour l'avifaune est de l'ordre de 18 oiseaux sur la saison de suivi, avec un chiffre réel probablement situé entre 1 (car 1cadavre découvert) et 56 individus.

Il n'est pas possible de conclure à une réelle augmentation de la mortalité réelle entre 2019 et 2021. Il semblerait plutôt que la différence observée s'explique par le taux de détection meilleur chez l'intervenant ayant réalisé le suivi 2019 comparé à celui de 2021.

VI.3.2 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 40).

Pour les éoliennes E1, E2 et E4, aucun cas de mortalité n'est constaté ce qui ne permet pas de calculer la mortalité réelle

❖ Chiroptères

La mortalité réelle supposée pour les chiroptères pour l'éolienne E3 est de l'ordre de 39 individus sur la saison de suivi, avec un chiffre réel probablement situé entre 2 (car 2 cadavres découverts) et 125 individus.

Tableau 40 : Mortalité réelle supposée pour les chiroptères par éolienne sur le parc de Boquého-Plouagat

E3					
Formule	Médiane	IC 2,5	IC 97,5	IC 0,10	IC 0,90
Erickson	31,55	0	140,81	0	89,2
Huso	40,85	0	180,22	0	114,14
Jones	44,9	0	198,34	0	125,46

Moyenne	39	0	125
---------	----	---	-----

2021	-	-
------	---	---

Il est possible de comparer les données de mortalités réelles de l'éolienne E3 entre 2019 et 2021. Cependant comme expliqué pour les données de mortalités réelles au niveau du parc entier, il n'est pas possible de conclure à une augmentation significative de la mortalité réelle entre les deux années de suivi.

Tableau 41 : Comparaison de la mortalité réelle des chiroptères entre les suivis de 2019 et 2021 par éolienne

Eolienne	Année	Chiroptères	
		Médiane moyenne	Intervalle de confiance [10-90]%
E1	2019	-	-
	2021	-	-
E2	2019	-	-
	2021	-	-
E3	2019	16,43	[0-39,19]
	2021	39,1	[0-125,46]
E4	2019	-	-
	2021	-	-

❖ Avifaune

La mortalité réelle supposée pour l'avifaune pour l'éolienne E3 est de l'ordre de 19 individus sur la saison de suivi, avec un chiffre réel probablement situé entre 1 et 63 individus.

Tableau 42 : Mortalité réelle supposée pour l'avifaune par éolienne sur le parc de Boquého-Plouagat

E3					
Formule	Médiane	IC 2,5	IC 97,5	IC 0,10	IC 0,90
Erickson	15,62	0	67,16	0	44,88
Huso	20,13	0	85,45	0	57,26
Jones	22,18	0	94,98	0	63,45
Moyenne	19			0	63

Seule l'éolienne E3 a enregistrée une mortalité constatée les deux années de suivi et la mortalité réelle calculée ces deux années n'ont pas significativement différente.

Tableau 43 : Comparaison de la mortalité réelle de l'avifaune entre les suivis de 2019 et 2021 par éolienne

Eolienne	Année	Avifaune	
		Médiane moyenne	Intervalle de confiance [10-90]
E1	2019	-	-
	2021	-	-
E2	2019	-	-
	2021	-	-
E3	2019	16,48	[0-39,18]
	2021	19,31	[0-63,45]
E4	2019	-	-

VI.3.3 Données disponibles pour l'analyse

VI.3.3.1 Vents et activité des éoliennes

Les horaires de coucher et de lever de soleil sur le parc de Boquého-Plouagat ont été pris en compte chaque jour pour définir 5 périodes (cf.III.1.6.1). La durée de période « journée » et de la nuit sont en conséquence variable, selon l'avancement des saisons.

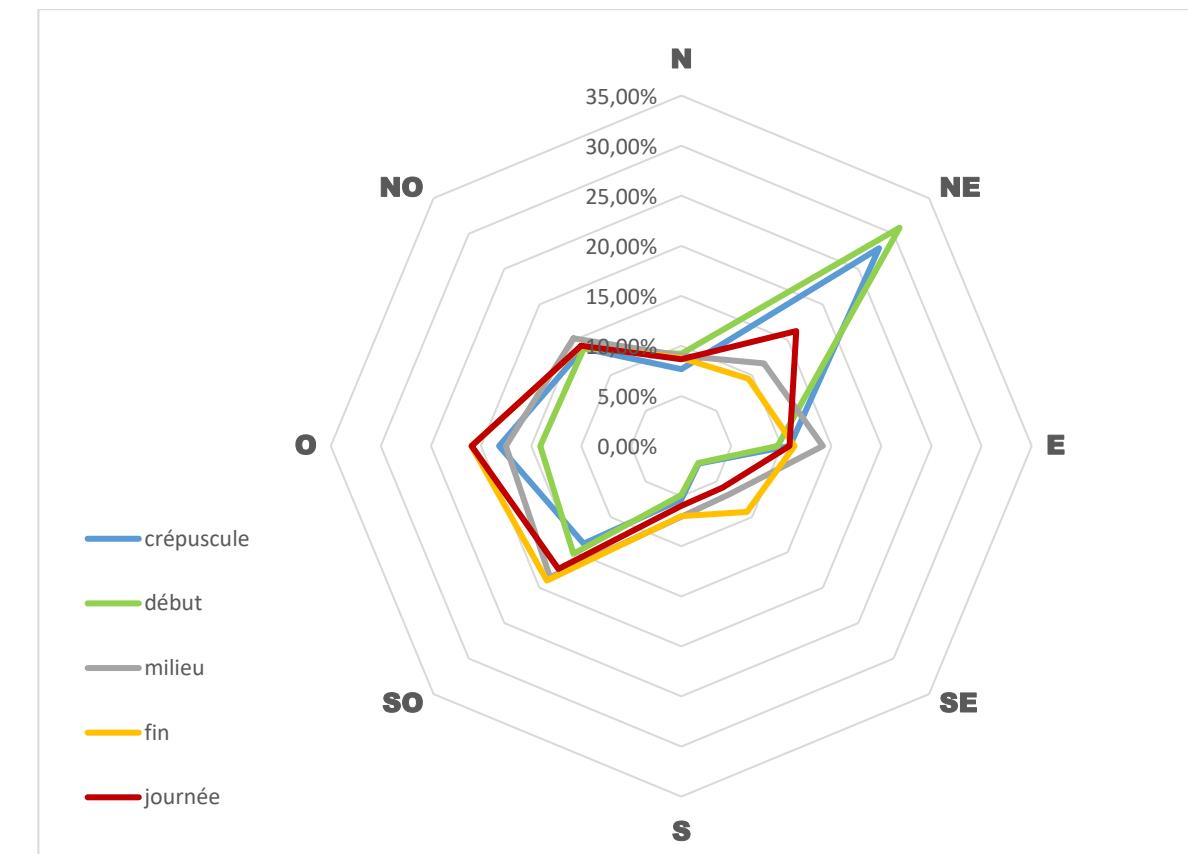


Figure 45 : Répartition du vent en fonction du moment de la nuit ou en période « journée ».

Une prédominance de vent provenant de l'ouest et du nord-est est à noter. En première partie de nuit, les vents ont tendance à provenir du nord-est.

Pour chaque première partie de nuit (crépuscule [0h30 avant coucher du soleil] + début [0h à 3h après coucher du soleil]), il a été déterminé la vitesse maximale moyenne du vent enregistré, ainsi que l'activité des éoliennes, sur la base de la vitesse de rotation des pales par tranche de 10min.

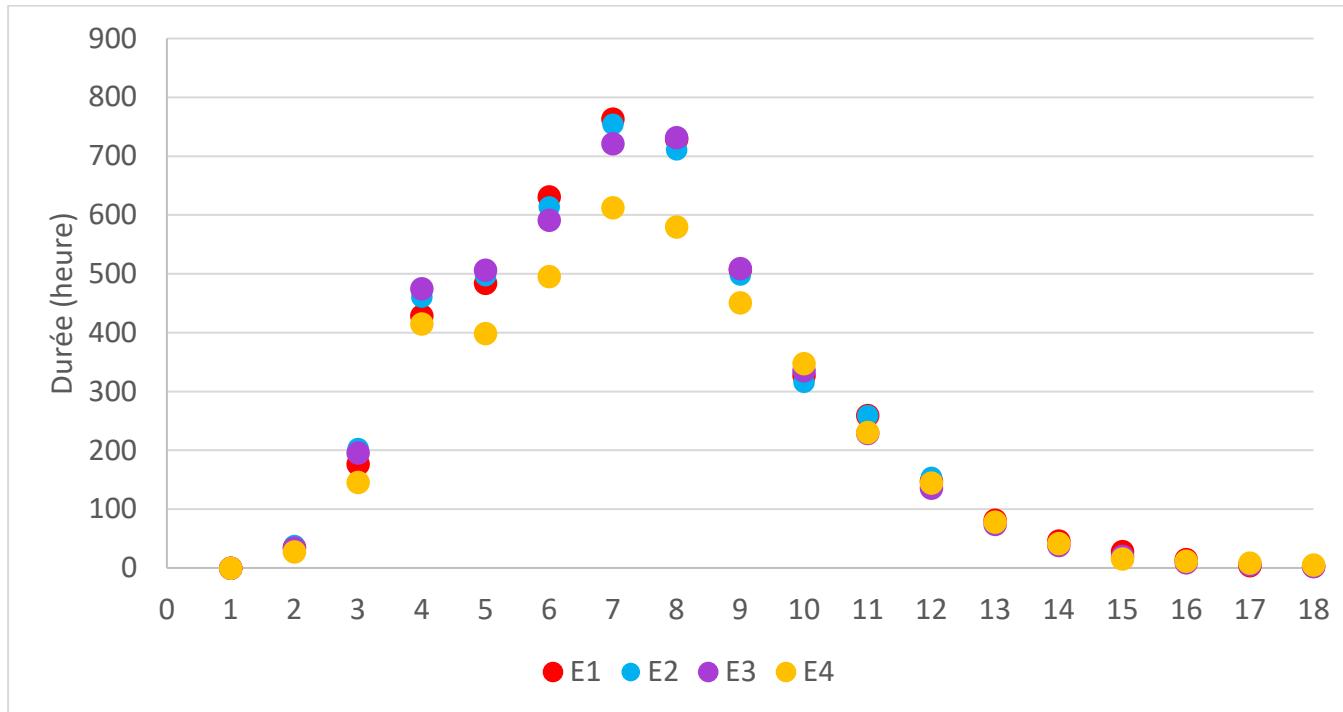


Figure 46 : Vitesse des vents au cours de la nuit (-1 h du coucher du soleil à +1 h du lever de soleil) par éolienne en m/s ; utilisation des moyennes par tranche de 10 minutes. Les classes de vitesses de l'abscisse correspondent à classe 0 : vent de 0 m/s, classe 1,5 :]0 ; 1,5 m/s], classe 2,5 :]1,5 ; 2,5 m/s] ... Classe 13,5 :]12,5 ; 13,5 m/s], classe +13,5 : vent >13,5 m/s.

Sur la période de suivi, en première partie de nuit, le vent a rarement été très fort. Il n'a que rarement dépassé les 14 m/s. La médiane s'établit à 5,2 m/s. La plus grande proportion du temps les vents étaient compris entre 4 et 10 m/s.

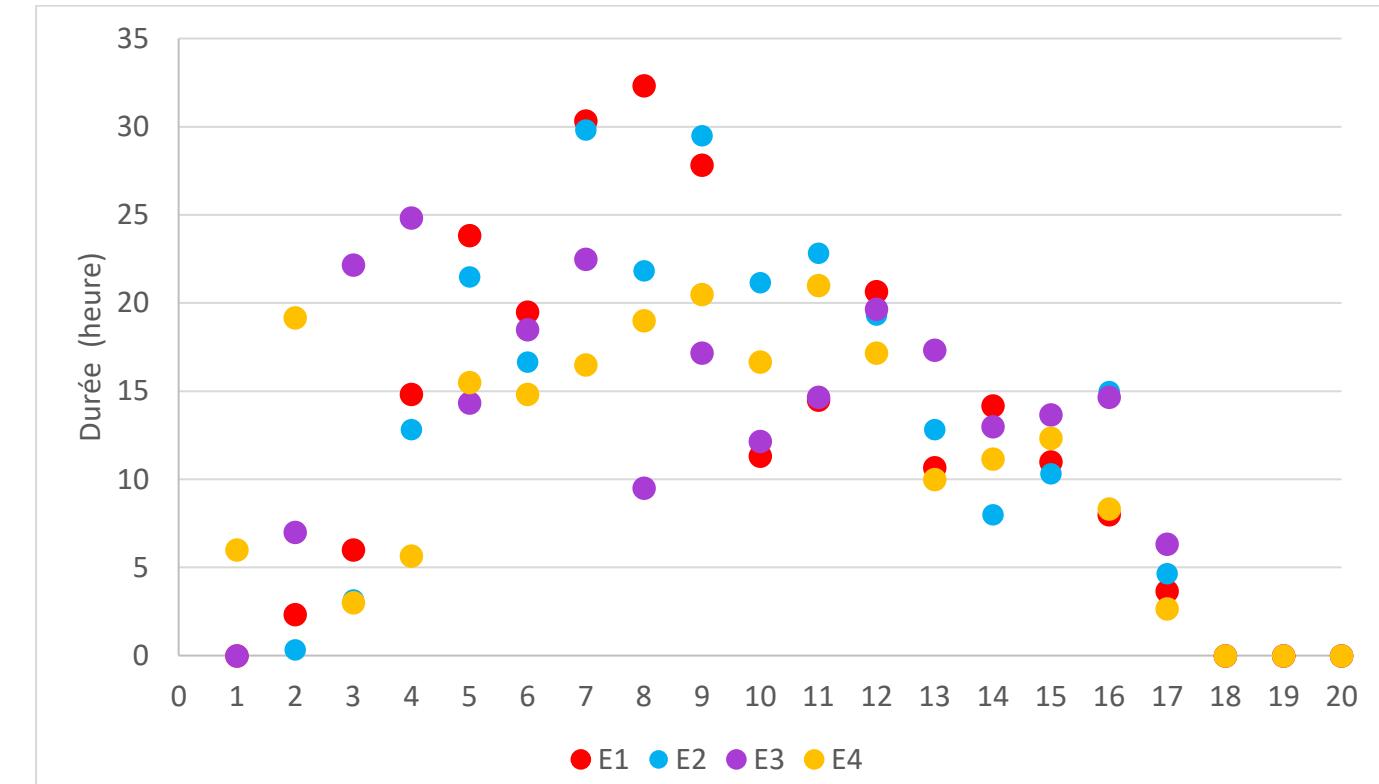


Figure 47 : Niveau d'activité des éoliennes en première au cours de la nuit (tours/min) ; utilisation des moyennes d'activité par tranche de 10min. Les classes de vitesses de rotation de l'abscisse correspondent à classe 0 : rotation de 0 tr/min, classe 1 :]0 ; 1 tr

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

L'activité des éoliennes se répartit de façon assez homogène sur une plage allant de 0 tr/min à 17 tr/min. 17 tr/min étant la limite maximale de rotation du rotor. L'éolienne E1 et E2 ont un pic d'activité aux alentours de 8 tr/min. Avec les trois graphiques présentant : la vitesse, l'activité des éoliennes et la relation entre les deux, il est possible mettre en évidence que la vitesse de rotation des pales est rapidement élevée même avec des vents réduits.

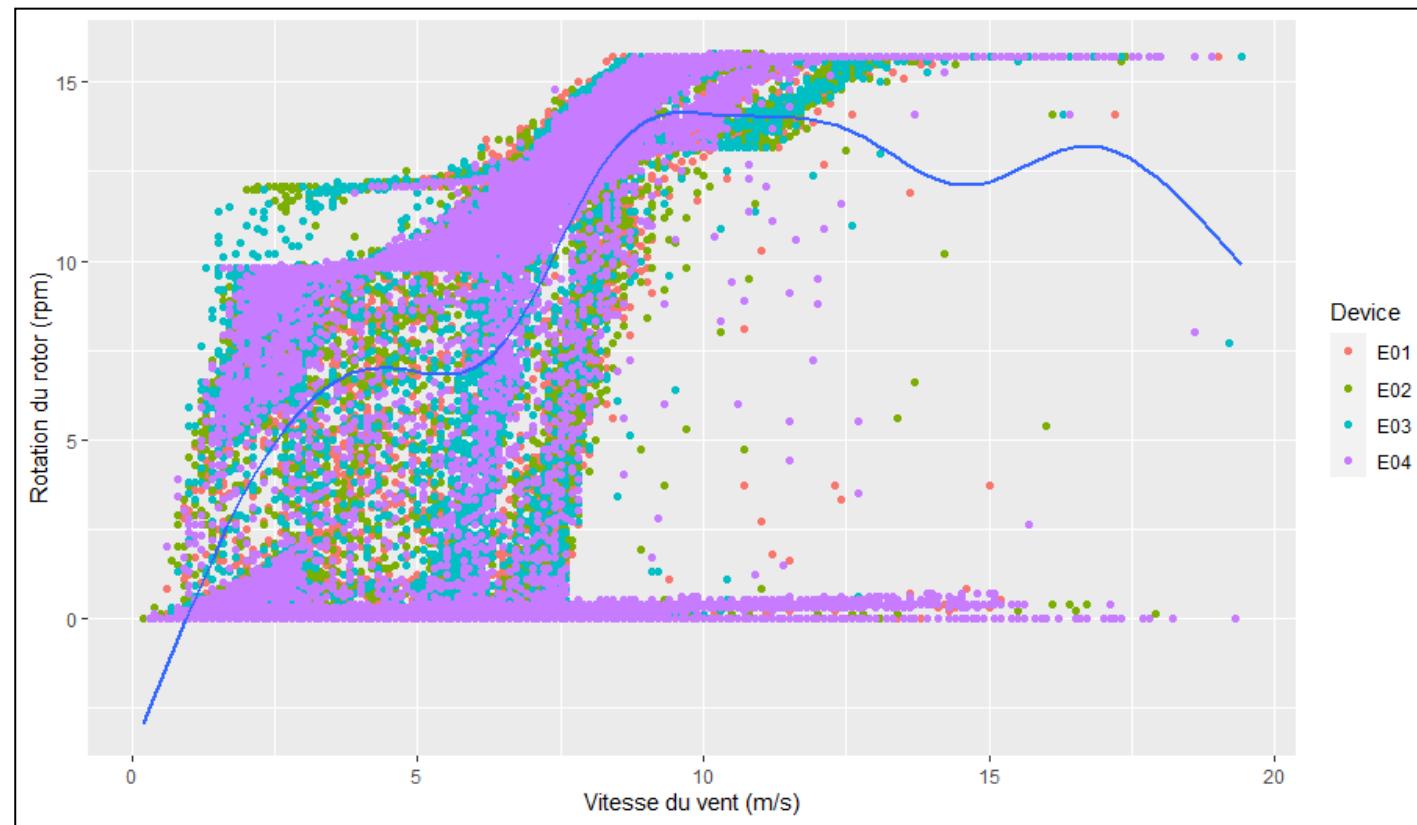


Figure 48 : Relation entre la vitesse du vent et la vitesse de rotation du rotor par tranche de 10 minutes avec application d'un modèle additif généralisé

Une inflexion du rapport entre vitesse du vent et vitesse de rotation du rotor est visible aux alentours de 10 tr/min puis un plateau est obtenu pour une activité de 16 tr/min.

La trainée violette en bas du graphique met en évidence la mise un arrêt des machines malgré la présence de vent ce qui peut correspondre au moment de bridage. Les deux colonnes verticales formées par le cumul de points à l'alentour de 6 et 7,5 m/s de vent sont potentiellement liée à une limitation d'activation des éoliennes pour ces valeurs. Des bridages pour la protection des chauves-souris est en application sur les quatre éoliennes avec des conditions différentes (voir tableau ci-dessous). Un second bridage, acoustique pour celui-ci ; est activation sur l'ensemble du parc et se superpose à celui des chiroptères.

Tableau 44 : Condition de bridage pour la protection des chiroptères sur le parc de Boquého en 2021

Période	1er avril Au 31 avril	1er mai au 31 juillet	1er août Au 31 octobre
Eolienne	E3	E1, E2, E3	E3
Vent	< 6 m/s	< 6 m/s	< 4 m/s
T°	-	-	>12 et 19°C
Horaire de mise en application	-1h du coucher du soleil à +1 h du lever du soleil	-1h du cou- cher du soleil à +1 h du le- ver du soleil	-0h30 du cou- cher du soleil à +0 h30 du lever du soleil

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

VI.3.3.2 Précipitation

Les données de précipitation provenant du mât de mesures ne montrent pas de précipitations sur la période étudiée ce qui est assez étrange. Un problème technique est probablement à l'origine de ces résultats.

VI.3.3.3 Température

Au cours des nuits, entre le 17 mai et le 31 octobre, 22 % du temps les températures étaient inférieures à 12°C. Ce seuil de 12°C correspond à la limite inférieure de vol des 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 (Tableau 45) 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. Pour connaître la distance minimale réelle entre les pales et l'élément paysager, il suffit de soustraire le rayon du rotor à l'hypoténuse d'un triangle rectangle donc les deux plus petits côtés correspondent pour l'un à la distance entre le pied du mât et l'élément paysager et le second est obtenu par soustraction de la hauteur de l'élément paysager à la hauteur du mât.

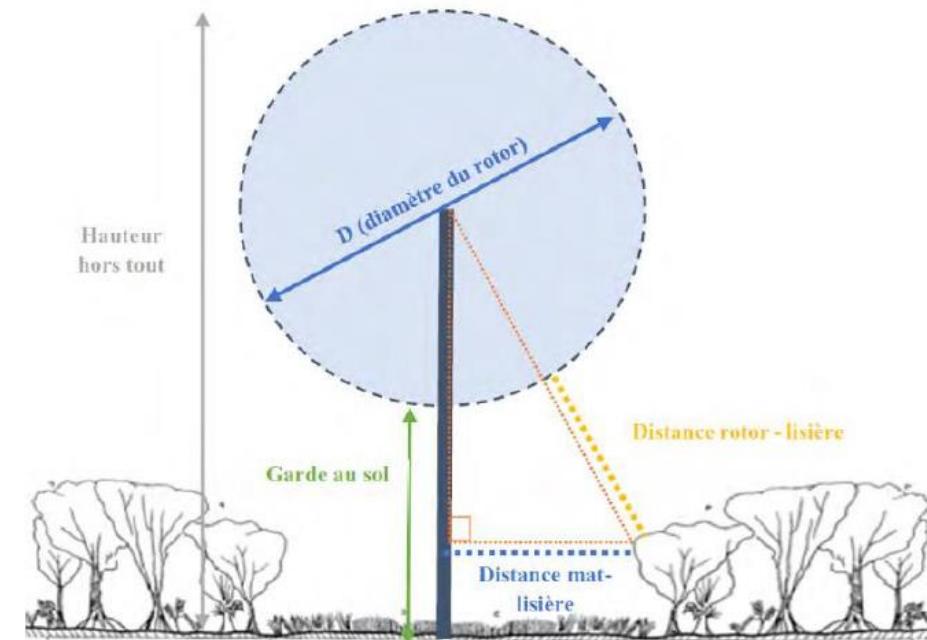


Figure 49 : Illustration du calcul de la distance réelle entre les pales et un élément paysager.

Tableau 45 : Distances des éoliennes aux reliefs paysagers dont la hauteur estimée est de 15 m

Éolienne	Éléments de relief paysager le plus proche	Distance au mat	Distance réelle au pale
E1	Haies	15 m	16 m
	Jeunes plantations	40 m	26 m
E2	Boisement	62 m	40 m
	Haie	65 m	42 m
E3	Boisement et Haie	33 m	23 m
E4	Arbre seul	60 m	39 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 mètres 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.

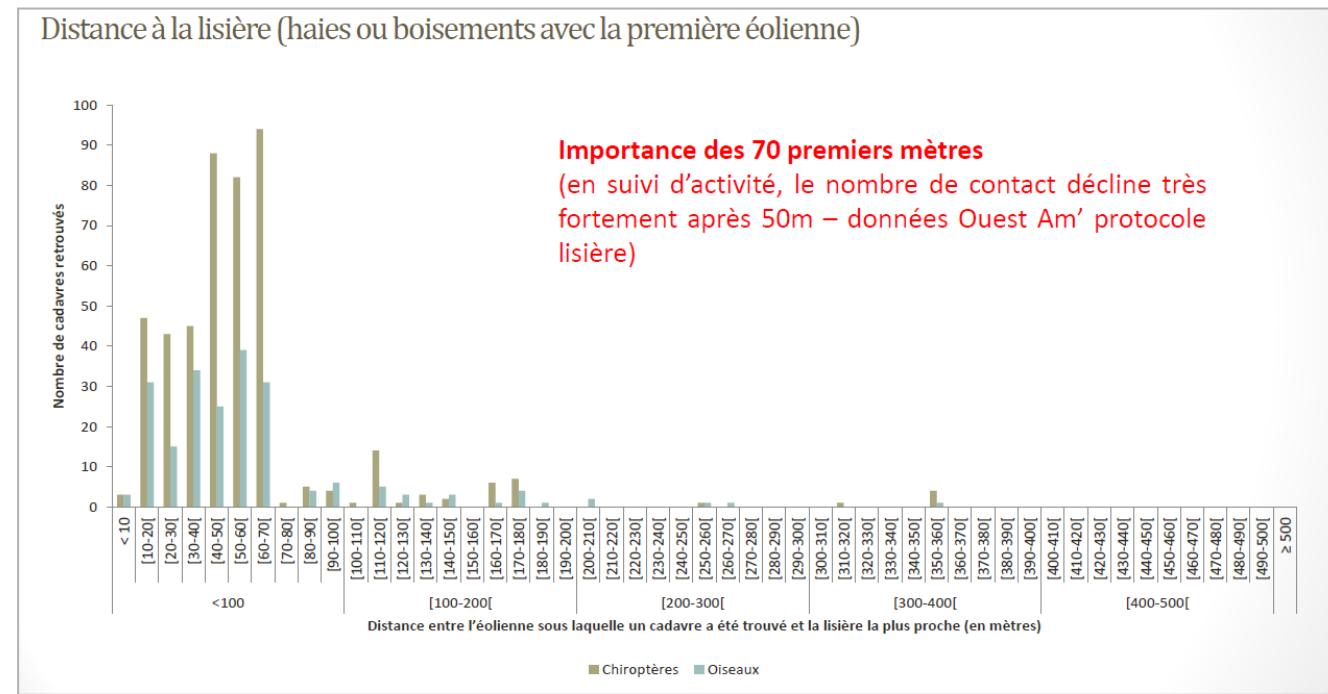


Figure 50 : Nombre de cadavres retrouvés en fonction de la distance éolienne-lisière
(Source: Normand & Coislot, Ouest Am, 2020)

Sur le parc de Boquého, les pales de l'éolienne mortifère (éolienne E3) sont situées à une distance minimale de 23 mètres du boisement.

L'éolienne E4 comporte le moins de diversité avec pour éléments paysagers des arbres seuls et éloignés les uns des autres. L'arbre le plus proche est situé à 40 m.

L'éolienne E2 est la plus éloignée de tout élément structurant du paysage. Cependant, il est entouré à la fois de haies et de boisements au sud et à l'est, qui se densifie avec les jeunes plantations d'arbres.

Les éoliennes E1 et E3 sont très proches de boisements et de haies (moins de 25 m). Ses éléments peuvent être très attractifs notamment pour les chiroptères comme l'a montré Johnson et al. (2004) et Morris et al. (2010) sur la diminution de l'activité des chiroptères avec l'éloignement à un boisement et notamment sa lisière.

A une échelle plus globale, comme démontré plus tôt, le site se trouve dans un contexte bocager moyennement favorable au déplacement des espèces par la connectivité des milieux semi-naturels (classé ou non : ZNIEFF, boisements) et par de nombreux corridors (haies). Les oiseaux comme les chiroptères utilisent ces éléments de paysage pour se déplacer, s'alimenter et pour se reposer.

Cette analyse paysagère permet d'expliquer la faible fréquentation sur le site par la faune volante.

VI.4.2 Espèces retrouvées

VI.4.2.1 Chiroptères

Les chiroptères sont impactés de deux façons par une éolienne : par collision directe avec une pale ou par barotraumatisme. Elles sont confrontées à ces risques par leur capacité à voler haut (plus de 50 m de hauteur), mais aussi parce qu'elles sont attirées par ses structures.

L'attraction des chauves-souris pour les éoliennes peut s'expliquer par plusieurs facteurs :

- ✓ Le balisage lumineux des éoliennes (CRYAN & BARCLAY, 2009),
- ✓ La perception erronée des éoliennes,
- ✓ L'utilisation des éoliennes comme terrain de chasse,
- ✓ L'attraction d'insectes au niveau des éoliennes et donc des chauves-souris (RYDELL & al., 2010),
- ✓ La couleur du mat (LONG & al., 2011).

Selon la compilation de Dürr (2021), la **pipistrelle de Kuhl** *Pipistrellus kuhlii* est l'une des 3 espèces de chauves-souris les plus impactées numériquement, avec 219 cas recensés en France. À l'échelle européenne, ce sont 469 cadavres qui ont été retrouvés.

Tableau 46 : Enjeu de l'espèce

Nom scientifique	Nom vernaculaire	Directive HFF	PNA	Liste rouge UICN Europe	Liste rouge UICN France	Liste rouge Bretagne	Enjeu patrimonial
<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Pipistrelle de Kuhl	Annexe IV	Oui	LC	LC	LC	Faible

VI.4.2.1.1 Sensibilité

D'après le guide EUROBATS (Rodrigues et al., 2014) selon l'état des connaissances chiroptérologiques à l'échelle de l'Europe, la pipistrelle de Kuhl fait partie des chauves-souris les plus sensibles au risque de collision avec les éoliennes. Le niveau de risque est défini comme « fort », d'après le guide. Plusieurs critères sont utilisés pour définir ce niveau d'enjeu, tel que la hauteur de vol, la capacité de migrer ou se déplacer sur de longues distances ou encore l'attraction de la lumière.

Tableau 47 : Comportement et sensibilité de l'espèce

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Hauteur de vol (Eurobats, 2015)	Migration ou déplacements sur de longues distances	Attriée par la lumière	Mortalité avérée avec les éoliennes (Eurobats, 2016)	Risque de collision (Eurobats, 2014)	Niveau de sensibilité face à l'éolien
Pipistrelle de Kuhl	Pipistrellus kuhlii	Vol haut et bas	Non	Oui	Oui	Fort	Fort

VI.4.2.1.2 Vulnérabilité

La vulnérabilité d'une chauve-souris est définie selon son niveau d'enjeu patrimonial et son niveau de sensibilité (cf. V.1.10.5). Ainsi, le niveau de vulnérabilité est déterminé comme assez forte.

Tableau 48 : Vulnérabilité de la chauve-souris

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Niveau d'enjeu sur site	Niveau de sensibilité face à l'éolien	Niveau de vulnérabilité sur site
Pipistrelle de Kuhl	Pipistrellus kuhlii	Faible	Fort	Assez fort

VI.4.2.2 Avifaune

VI.4.2.2.1 Faucon crécerelle

Lors du suivi 2021, des plumes de faucon crécerelle ont été retrouvées, lors de la semaine 33. Cette espèce est l'une des plus impactées par la mortalité éolienne étant donné les tailles des populations beaucoup plus faibles chez les falconiformes. La synthèse LPO de 2017 classe cette espèce 3ème (76 cadavres retrouvés) dans la fréquence de découverte et la synthèse de Dürr (2021) recense 108 cas en France et au niveau européen la classe 6ème (614 individus retrouvés). Le plus grand nombre des découvertes se font en printemps-été (semaine 15 à 43) avec potentiellement un pic en période de migration.

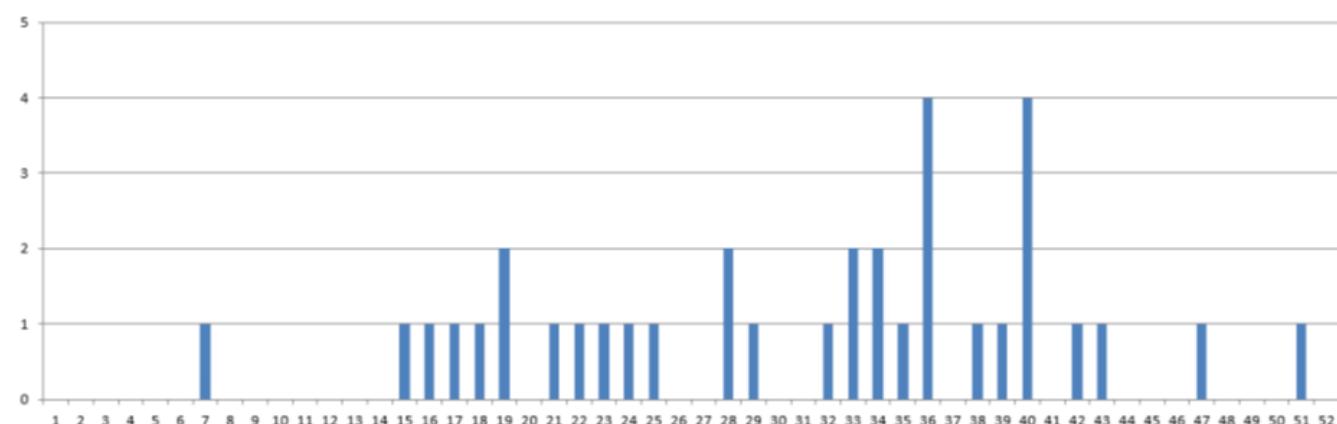


Figure 51 : chronologie des découvertes de faucon crécerelle au niveau national (Marx, 2017)

Enjeux :

Tableau 49 : Enjeu lié au faucon crécerelle

Nom commun	Nom scientifique	Directive Oiseaux	Liste rouge IUCN Europe	Liste rouge UICN France nicheurs	Liste rouge Bretagne	Responsabilité biologique régionale	Enjeu patrimonial
Faucon crécerelle	<i>Falco tinnunculus</i>	-	LC	NT	LC	Modérée	Faible

Le faucon crécerelle est une espèce avec un enjeu indiqué dans les listes rouges. Une baisse des effectifs est à noter aussi bien au niveau européen que français avec une baisse de 24% ses 10 dernières années (Vigienature.fr), le classant au minimum avec un enjeu patrimonial faible.

Sensibilité :

La simple présence d'éoliennes dans le domaine vital peut induire des collisions du fait de la technique de chasse particulière, le vol stationnaire, qui est souvent mis en cause pour expliquer sa sensibilité aux éoliennes (Barrios & Rodriguez, 2004). De mauvaises conditions météorologiques, notamment un brouillard épais, peuvent également fortement limiter la capacité de détection des éoliennes de ces oiseaux pendant leurs déplacements et encore plus lors des migrations où les individus connaissent moins les lieux. Cette espèce est classée « NT » quasi-menacé sur la liste rouge des oiseaux nicheurs de France métropolitaine (UICN et al., 2016).

Vulnérabilité :

La sensibilité forte de cette espèce et la découverte d'un cadavre pour le seul parc de Boquého induisent une vulnérabilité « Moyenne ».

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 52). Pour le parc suivi, la découverte de seulement 3 cadavres ne permet pas de conclure sur la relation entre position du cadavre et direction des vents dominants.

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 Boquého-Plouagat où l'oiseau trouvé, plus lourd que les chiroptères, a été découvert à plus longue distance de l'éolienne que les chiroptères. Cependant, le faible nombre de cadavres découverts ne permet d'affirmer avec certitude cette hypothèse.

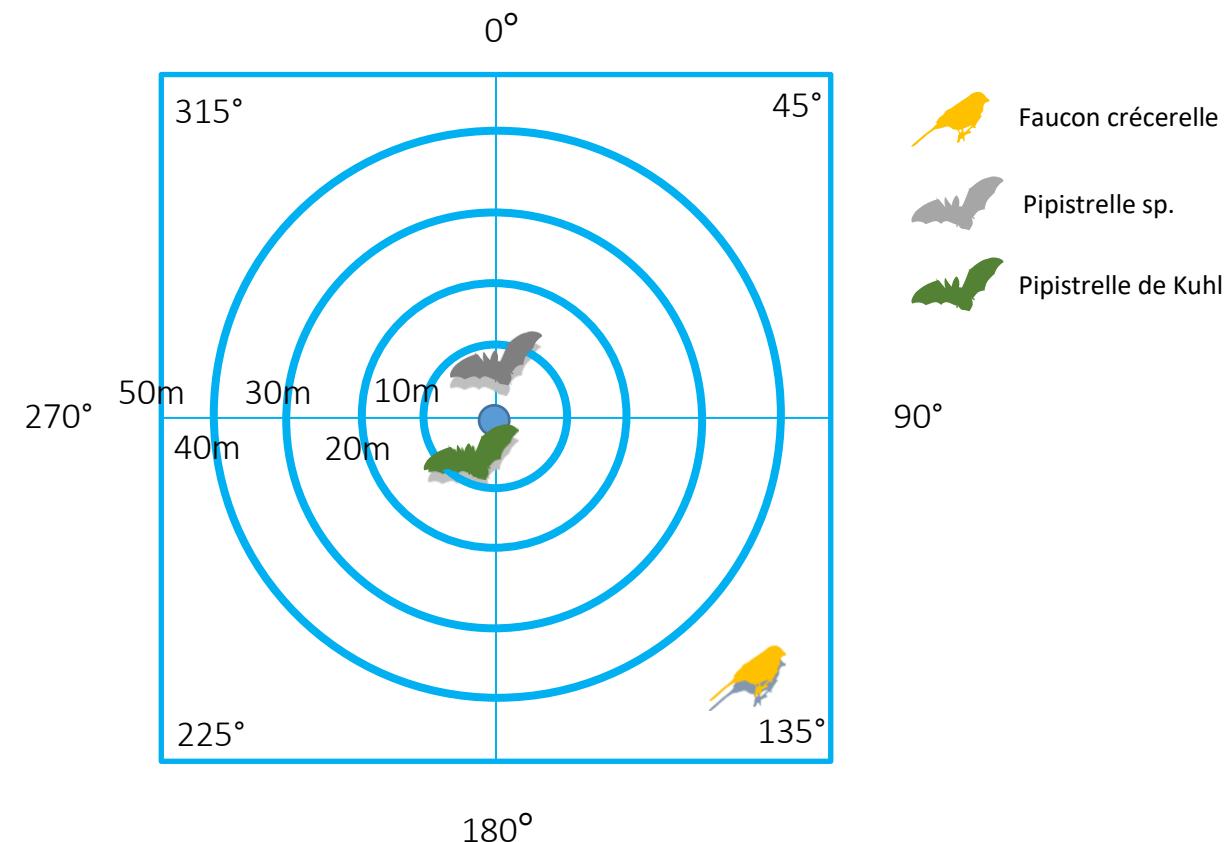


Figure 52 : Position des cadavres découverts autour des éoliennes (regroupement de toutes les éoliennes sur le même graphique)

VI.4.4 Activité des éoliennes lors des cas de mortalité

Les deux cadavres de chiroptères ont été retrouvés le même jour, mais l'état de décomposition des deux cadavres laisse à penser que l'un a été percuté entre 4 et 7 jours et le second entre 7 et 14 jours. Les deux cadavres sont retrouvés sous l'éolienne E3 le 10/06/2021.

L'étude de l'activation du bridage met en évidence son activation dans les jours précédant la découverte des cas de mortalités. La collision des chiroptères se sont probablement fait lorsque le vent été supérieur à 6 m/s en moyenne.

Tableau 50 : Durée d'activation d'un bridage (chiroptère ou autre) lors des nuits précédant les découvertes de cadavres sous l'éolienne E3

E3	
Date	Durée cumulée de bridage au cours de la nuit
29-mai	0:03:51
31-mai	0:06:11
01-juin	3:40:30
02-juin	2:05:54
03-juin	9:02:39
05-juin	1:21:07
06-juin	8:49:47
07-juin	0:19:40
08-juin	3:02:38
09-juin	11:51:07
10-juin	9:04:26
Total général	49:27:50

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 Boquého-Plouagat porte sur le suivi au sol des 4 éoliennes du parc des semaines 20 à 43. Les 3 cadavres ont été trouvés sous l'éolienne E3.

L'estimation de mortalités réelle calculée pour les chiroptères est de l'ordre 39 [2 ; 126] IC80% cadavres de chiroptères. Les cas de mortalités furent découverts le même jour en juin (semaine 23).

L'estimation de mortalités réelle calculée pour l'avifaune est de l'ordre 19 [1 ; 63,45] IC80% cadavres. Le cas de mortalité aviaire était en août (semaine 33).

La proximité des boisements et des haies peut expliquer la présence des chiroptères et le blé fauché celle du faucon.

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-dessus (cf. [Erreur ! Source du renvoi introuvable. p.Erreur ! Signet non défini. Erreur ! Source du renvoi introuvable. p.Erreur ! Signet non défini.](#)).

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 favorable et si elle est supérieure la séquence est considérée comme défavorable.

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 51 : Répartition des séquences (sur la période -30 min du coucher du soleil à +30min du lever du soleil) de début avril à fin octobre.

Condition de vent (6 m/s) et rotation du rotor (4 tr/min)				
Activité du rotor	Condition de vent (- de 3,5 m/s)			
	Défavorable	Favorable	Total	
	Elevé	40%	18%	58%
	Faible	10%	32%	42%
	Total	50%	50%	100%

Conditions de vent (4 m/s) et rotation du rotor (4 tr/min)				
Activité du rotor	Condition de vent (- de 3,5 m/s)			
	Défavorable	Favorable	Total	
	Elevé	37%	24%	0%
	Faible	14%	25%	0%
	Total	51%	49%	0%

Risque de collision	Faible	Modéré	Fort

En prenant comme limite de vent maximal pour le vol des chiroptères la valeur de 4 m/s et 6 m/s, ce qui correspond aux bridages mis en place cette année 2021, et un seuil d'activation des éoliennes à 4 tr/min, il est possible de mettre en évidence d'une part pour les éoliennes E1, E2 et E4 réunies 24 % de périodes à risques forts pour la

collision des chiroptères et d'une autre part pour E3, 18% de périodes à risques forts. Les différences entre éoliennes : E1, E2 et E4, sont limitées avec pour l'éolienne E1 23 % de risques fort, pour E2 26% et pour E4 21%. Cette analyse permet d'identifier les plages potentiellement à risques pour la collision des chiroptères. L'absence des données minimales et maximales induit une lecture critique, étant donné qu'il est difficile de déterminer la proportion des pas de temps de 10 min à risques.

VII.1 Réduction du risque

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).

Pour rappel, le bridage actuellement en place est le suivant :

Tableau 52 : Condition de bridage pour la protection des chiroptères sur le parc de Boquého en 2021

Période	1er avril Au 31 avril	1er mai au 31 juillet	1er aout Au 31 octobre
Eolienne	E3	E1, E2, E4	E3
Vent	< 6 m/s	< 6 m/s	< 6 m/s
T°	-	-	>12 et 19°C
Horaire de mise en application	-1h du coucher du soleil à +1 h du lever du soleil	-1h du coucher du soleil à +1 h du lever du soleil	-1h du coucher du soleil à +0 h30 du lever du soleil

L'activation du bridage en cette année 2021, c'est bien déroulé. Il n'est pas possible de définir exactement les périodes de bridages destinées spécifiquement à la protection des chiroptères, car lors de l'activation du bridge acoustique s'il est opérationnel sur les plages du bridge chiroptères, il supplante l'information conservée pour le suivi d'activité des éoliennes. Il est alors ici étudié conjointement le bridge acoustique et chiroptère.

Au total ce sont 1 990 h de bridage acoustique ou chiroptère qui ont été appliqués sur le parc de Boquého sur les périodes les plages de bridages et sous les conditions évoquées précédemment. Ce ne sont pas les seules mises à l'arrêt de l'activité des éoliennes sur les périodes étudiées ainsi les mises à l'arrêt pour d'autres raisons que le bridge acoustique et chiroptère représente au total 1 790 h.

La faible mortalité de chiroptères, la présence d'un bridage sur les différentes éoliennes et plus poussé sur la plus mortifère (éolienne E3), ainsi que l'activité globale très faible des chiroptères observés par le suivi en nacelle ne semble pas nécessiter de mesures de réductions du risque pour préserver les populations de chiroptères présentent au sein et autour du site éolien de Boquého.

Une réduction de ce bridage est même préconisée pour l'éolienne E3. Lors des suivis de 2019 et 2021 aucune n'activité n'est enregistré au mois d'avril. Le bridage semble donc superflu.

Il est alors préconisé de conserver le bridage actuel avec un allégement de la période bridge pour E3. Le bridage de cette éolienne commencerait que le 1^{er} mai au lieu du 1^{er} avril.

Tableau 53 : Bilan de l'activation des différents bridages sur le parc éolien de Boquého au cours de la nuit en 2021

Période étudiée : →	Du 1er mai au 31 juillet						Du 1 ^{er} avril au 31 octobre	
	E1		E2		E4		E3	
	Nombre d'heure de mise à l'arrêt	Perte de Productivité (en KWh)	Nombre d'heure de mise à l'arrêt	Perte de Productivité (en KWh)	Nombre d'heure de mise à l'arrêt	Perte de Productivité (en KWh)	Nombre d'heure de mise à l'arrêt	Perte de Productivité (en KWh)
Activation bridge "Bird Bat Protection"	23,14	1955,04	28,30	1171,2	9,56	247,77	369,68	53939,03
Activation bridge "Noise"	385,95	363748,43	332,11	327963,59	172,00	188924,96	669,14	211914,62
Autre - code de mise à l'arrêt	859,35	205834,44	744,02	185755,8	92,11	1152842,33	94,05	222955,1
Total général	1569,03	571537,91	1328,91	514895,55	273,66	1342680,06	1132,87	509636,23

Les caractéristiques de bridage à retenir pour 2022 sont alors :

Tableau 54 : Condition de bridage préconisé pour la protection des chiroptères sur le parc de Boquého en 2022

Période	1er mai au 31 juillet		1er aout Au 31 octobre		
	Eolienne	E3	E1, E2, E4	E3	E1, E2, E4
Vent	< 6 m/s	< 4 m/s	< 6 m/s		
T°	-	>12 et 19°C	-		
Horaire de mise en application	-1h du coucher du soleil à +1 h du lever du soleil	-0h30 du coucher du soleil à +0 h30 du lever du soleil	-1h du coucher du soleil à +1 h du lever du soleil		Pas de bridage

VIII. BILAN

Le parc éolien de Boquého-Plouagat exploité par EDP Renewable, se situe dans un contexte agricole, bocager et forestier, sur le territoire des Côtes- d'Armor. Certains corridors écologiques fonctionnels sont présents autour et au sein du site.

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 deux chiroptères**, et un faucon crécerelle sous l'éolienne E3. **L'estimation de la mortalité réelle est de l'ordre de 39 [0 ; 125] IC 80% chauves-souris et de 19 [0 ; 63,45] IC 80% d'oiseaux.**

Le suivi en nacelle des chiroptères du parc de Boquého-Plouagat s'est fait entre les semaines 13 et 43 sur l'éolienne E2 avec un niveau **d'activité globalement très faible sur l'ensemble de la saison à l'exception d'un pic d'activité au mois de septembre**, période de swarming et de transit automnal.

Six espèces ont été enregistrées, trois du genre *Pipistrellus*, deux du genre *Nyctalus* et la sérotine commune. Celles-ci ont toutes un niveau de sensibilité fort à l'éolien, excepté la sérotine commune qui a un niveau de sensibilité modéré. La vulnérabilité sur site des espèces est considérée comme « forte » pour la pipistrelle de *Nathusius* (espèce migratrice) et « faible » pour le reste le reste du cortège d'espèces.

La très faible activité globale des chiroptères et la mortalité assez réduite poussent Synergis Environnement à **reconduire le bridage en place avec seule modification**. Étant donné qu'en 2019 et 2021 aucun contact de chiroptères n'a été enregistré en avril, la modification du bridage et la suivante **début du bridage de l'éolienne E3 retardé du 1^{er} avril au 1^{er} mai**.

VIII.1 Bridage préconisé par SYNERGIS ENVIRONNEMENT :

Les préconisations de bridage sont les suivantes :

Tableau 55 : Condition de bridage préconisé pour la protection des chiroptères sur le parc de Boquého en 2022

Période	1er mai au 31 juillet		1er aout Au 31 octobre		
	Eolienne	E3	E1, E2, E4	E3	E1, E2, E4
Vent	< 6 m/s	< 4 m/s	< 6 m/s	Pas de bridage	Pas de bridage
	-	>12 et 19°C	-		
	-1h du cou- cher du soleil à +1 h du le- ver du soleil	-0h30 du cou- cher du soleil à +0 h30 du lever du soleil	-1h du couche- r du soleil à +1 h du lever du soleil		

Dans le cas où le bridage est appliqué, il est recommandé de prévoir la poursuite du suivi environnemental pour l'année 2022 (suivi de mortalité et activité des chiroptères) pour évaluer l'efficacité des mesures de bridages sur la collision des chiroptères.

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, 133p.
- 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.
- 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., JOHNSON 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 éolien terrestres. – 19p.
- 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.
- 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.
- 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.
- UICN 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 Ntauralist* :115:247–250.

X. ANNEXES

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

Date	10/06/2021	10/06/2020	19/08/2020
Photo			Pas de photo
Espèce	Pipistrelle de kuhl <i>Pipistrellus kuhlii</i>	Pipistrelle sp <i>Pipistrellus sp</i>	Faucon crécerelle <i>Falco tinnunculus</i>
Éolienne	E3	E3	E3
Classe d'âge	Indéterminé	Indéterminé	Indéterminé