



**Rapport final 2018**

**Suivis post-implantations**

**Parc éolien de Tréffendel (35)**



Source photos :Althis

## SOMMAIRE

<b>I. Introduction .....</b>	<b>8</b>
<b>II. Contexte .....</b>	<b>8</b>
II.1    Parc éolien de Treffendel .....	8
II.2    Localisation .....	8
II.2.1 -    Situation géographique et administrative .....	8
II.2.2 -    Topographie.....	10
II.3    Zonages naturels proches .....	10
II.4    Contexte paysager et continuités .....	12
<b>III. Cadrage du suivi.....</b>	<b>13</b>
III.1    Contexte réglementaire .....	13
III.2    Cadre méthodologique générique du suivi de mortalité.....	13
III.2.1 -    Protocoles de terrain possibles.....	13
III.2.2 -    Prise en compte des biais.....	15
III.2.2.1 -    Mortalité détectée et attribuable à l'éolienne .....	15
III.2.2.2 -    Coefficient de détectabilité ( $d$ ).....	15
III.2.2.3 -    Durée de persistance ( $\bar{t}$ ).....	15
III.2.2.4 -    Pondération de surface de prospection .....	16
III.2.2.5 -    Estimateurs de mortalité utilisés .....	16
III.2.3 -    Rappels théoriques.....	17
III.3    Spécificité des suivis de mortalité Althis .....	18
III.3.1 -    Protocole de terrain retenu .....	18
III.3.2 -    Prise en compte du type de surface.....	19
III.3.3 -    Test de détection.....	19
III.3.4 -    Prise en compte conjointe de la détectabilité et du couvert.....	21
III.3.5 -    Utilisation des données météorologiques et de fonctionnement.....	22
III.3.5.1 -    Définitions .....	22
III.3.5.2 -    Vent favorable à l'activité des chiroptères .....	23
III.3.5.3 -    Température favorable à l'activité des chiroptères.....	24
III.3.5.4 -    Danger associé au fonctionnement éolien .....	24
III.3.5.5 -    Vents et activité des éoliennes .....	24
<b>IV. Suivi des habitats naturels .....</b>	<b>26</b>
IV.1    Méthodologie .....	26
IV.1.1 -    Rappel de la commande.....	26
IV.1.2 -    Protocole mis en œuvre.....	26
IV.1.2.1 -    La typologie EUNIS.....	26
IV.1.2.2 -    Choix pratiques retenus.....	26
IV.2    Résultats .....	27
IV.2.1 -    Bibliographie .....	27
IV.2.2 -    Typologie des habitats .....	27
<b>V. Suivi de l'avifaune .....</b>	<b>31</b>
V.1    Méthodologie .....	31
V.1.1 -    Rappel de la commande.....	31
V.1.2 -    Protocole mis en œuvre.....	31
V.2    Résultats .....	33
V.2.1 -    Bibliographie .....	33
V.2.2 -    Dates d'inventaire .....	33
V.2.3 -    Contexte.....	33

V.2.4 -	Effectifs et espèces inventoriées .....	34
V.2.5 -	Evaluations .....	35
V.2.5.1 -	Niveau d'enjeu .....	35
V.2.5.2 -	Sensibilité et vulnérabilité .....	36
<b>VI. Suivi des chiroptères .....</b>		<b>39</b>
VI.1	Méthodologie .....	39
VI.1.1 -	Rappel de la commande .....	39
VI.1.2 -	Protocole mis en œuvre .....	39
VI.1.2.1 -	Principe d'écholocation chez les chauves-souris et suivis par acoustique .....	39
VI.1.2.2 -	Écoute en nacelle .....	39
VI.1.2.3 -	Analyse des signaux et identification des espèces .....	41
VI.2	Résultats .....	44
VI.2.1 -	Bibliographie .....	44
VI.2.2 -	Résultats des écoutes en nacelle .....	44
VI.2.2.1 -	Caractérisation globale .....	44
VI.2.2.2 -	Répartition temporelle des contacts .....	45
VI.2.2.3 -	Lien activité et conditions .....	47
VI.2.3 -	Évaluation du niveau de vulnérabilité face à l'éolien .....	50
VI.2.3.1 -	Définition des enjeux chiroptères .....	50
VI.2.3.2 -	Définition de la sensibilité chiroptères .....	51
VI.2.3.3 -	Définition de la vulnérabilité chiroptères .....	52
VI.2.4 -	Synthèse des enjeux et vulnérabilité .....	58
<b>VII. Suivi de la mortalité .....</b>		<b>59</b>
VII.1	Méthodologie .....	59
VII.1.1 -	Rappel de la commande .....	59
VII.1.2 -	Protocole mis en œuvre .....	59
VII.1.2.1 -	Suivi de mortalité .....	59
VII.1.2.2 -	Test de détection .....	63
VII.1.2.3 -	Test de persistance .....	63
VII.2	Résultats .....	63
VII.2.1 -	Occupation du sol au pied des éoliennes .....	63
VII.2.2 -	Surfaces prospectées .....	66
VII.2.3 -	Coefficients de correction .....	66
VII.2.3.1 -	Test de détection .....	66
VII.2.3.2 -	Test de persistance .....	67
VII.2.4 -	Prise en compte conjointe de la déetectabilité et du couvert .....	68
VII.2.5 -	Données de mortalité constatée .....	69
VII.2.6 -	Évaluation de la mortalité réelle .....	72
VII.2.6.1 -	Évaluation pour le parc entier .....	72
VII.2.6.2 -	Évaluation par éolienne .....	73
VII.2.6.3 -	Bilan de la mortalité .....	74
VII.2.1 -	Données disponibles pour l'analyse .....	74
VII.2.1.1 -	Vents et activité des éoliennes .....	74
VII.2.1.2 -	Adaptation des indicateurs .....	76
<b>VIII. Analyse .....</b>		<b>78</b>
VIII.1	Suivi de la mortalité .....	78
VIII.1.1 -	Répartition par éolienne des cas de mortalité .....	78
VIII.1.2 -	Espèces retrouvées .....	79
VIII.1.2.1 -	Avifaune .....	79
VIII.1.2.2 -	Chiroptères .....	80
VIII.1.3 -	Position des cadavres .....	80
VIII.1.4 -	Mortalité et activité des chiroptères .....	81

---

VIII.1.5 -	Analyse de cas de mortalité .....	82
VIII.2	Prise en compte du risque de mortalité .....	84
VIII.2.1 -	Analyse du risque.....	84
VIII.2.2 -	Réduction du risque .....	85
<b>IX.</b>	<b>Conclusion.....</b>	<b>88</b>
<b>X.</b>	<b>Bibliographie .....</b>	<b>89</b>

## Index des tableaux

Tableau 1 – Caractéristique des éoliennes du parc de Treffendel .....	8
Tableau 2 - Période sur laquelle doit être effectué le suivi de mortalité en fonction des risques chiroptérologiques et enjeux avifaunistiques .....	13
Tableau 3 – Exemple de notation des types de couvert .....	19
Tableau 4 – Exemple de coefficients de détectabilité .....	21
Tableau 5 – Exemple de calculs de A et d .....	21
Tableau 6 – Conditions de vol des chiroptères en fonction du vent .....	23
Tableau 7 – Température et activité des chiroptères .....	24
Tableau 8 – Danger en fonction du fonctionnement des éoliennes .....	24
Tableau 9 – Répartition des surfaces par habitats et éoliennes (en m <sup>2</sup> ) .....	27
Tableau 10 – Espèces hivernantes et effectifs .....	34
Tableau 11 – Espèces inventoriées et niveaux d'enjeu associés .....	35
Tableau 12 – Espèces inventoriées, sensibilité et vulnérabilité associée .....	36
Tableau 13 - Regroupement d'espèces possibles .....	41
Tableau 14 - Tableau des distances des détections des chauves-souris en fonction des espèces et leur coefficient de détectabilité en fonction du milieu .....	42
Tableau 15 - Évaluation du seuil d'activité pour chaque espèce de chauves-souris en Bretagne .....	43
Tableau 16 - Nombre de contacts par espèce obtenus en nacelle .....	44
Tableau 17 - Espèces inventoriées en nacelle .....	44
Tableau 18 - Évaluation du niveau d'activité des espèces inventoriées par écoute en nacelle .....	45
Tableau 19 - Niveau d'activité par espèce observé en nacelle par mois (en ct /h) .....	46
Tableau 20 - Calcul du niveau d'enjeu des chauves-souris .....	50
Tableau 21 - Statut de protection et de conservation des espèces inventoriées et leur niveau d'enjeux ..	51
Tableau 22 - Niveau de risque de collision avec les éoliennes selon les espèces .....	51
Tableau 23 - Calcul du niveau de sensibilité .....	52
Tableau 24 - Comportement et sensibilité des espèces .....	52
Tableau 25 - Calcul du niveau de vulnérabilité .....	52
Tableau 26 - Vulnérabilité des espèces de chauves-souris .....	53
Tableau 27 - Niveau de vulnérabilité des espèces sur le parc éolien de Treffendel .....	58
Tableau 28 - Planning de réalisation du suivi de mortalité .....	59
Tableau 29 - Planning de réalisation des tests de persistance .....	63
Tableau 30 – Types d'habitats rencontrés et surfaces associées .....	63
Tableau 31 – Proportion moyenne prospectée .....	66
Tableau 31 – Coefficients de détectabilité .....	67
Tableau 32 – Tests de persistance .....	67
Tableau 33 – Coefficients composites de détectabilité par prospection (exemple de E1) .....	68
Tableau 34 – Nombre de détection théorique par éolienne .....	69
Tableau 35 – Estimations de la mortalité réelle des chiroptères, parc entier .....	72
Tableau 36 – Estimations de la mortalité réelle de l'avifaune, parc entier .....	73
Tableau 37 – Estimations de la mortalité réelle des chiroptères, E2 et E3 .....	73
Tableau 38 – Estimations de la mortalité réelle des chiroptères, E1 .....	73
Tableau 39 – Bilan de la mortalité réelle constatée et réelle estimée .....	74
Tableau 39 – Bilan de la mortalité réelle constatée et réelle estimée .....	74

Tableau 40 – Conditions de vol des chiroptères en fonction du vent .....	76
Tableau 41 – Température et activité des chiroptères .....	77
Tableau 42 – Danger en fonction du fonctionnement des éoliennes .....	77
Tableau 43 – Distances des éoliennes aux reliefs paysagers .....	78
Tableau 44 – Répartition des cadavres par quadrant .....	81
Tableau 45 – Cas de mortalité avec cadavres frais .....	82
Tableau 46 – Conditions associées à un cas de mortalité .....	83
Tableau 47 – Conditions associées à un cas de mortalité .....	83
Tableau 48 – Conditions associées à un cas de mortalité .....	84
Tableau 49 – Conditions associées à un cas de mortalité .....	84
Tableau 50 – Répartition des séquences (nuit entière) .....	85
Tableau 51 – Répartition des séquences (nuit entière) – pour comparaison .....	85
Tableau 52 – Répartition des séquences (nuit entière, semaines 28 à 43) .....	86
Tableau 53 – Répartition des séquences (début de nuit, semaines 28 à 43) .....	86
Tableau 54 – Répartition des séquences (début de nuit, semaines 28 à 43) .....	87

## Index des Figures

Figure 1 – Répartition des probabilités en fonction d'une valeur théorique de mortalité réelle .....	18
Figure 2 – Leurre fabriqué en tissu .....	20
Figure 3 - Faucon crécerelle (photo hors site) .....	37
Figure 4 - À gauche : ensemble du matériel d'enregistrement ; .....	40
Figure 5 - Évolution de l'activité et de la diversité spécifique au cours de la saison .....	46
Figure 6 - Nombre de contacts enregistrés, toutes espèces confondues, par semaine .....	47
Figure 7 - Nombre de contacts enregistrés, par tranche horaire .....	47
Figure 8 - Évolution de l'activité des chauves-souris en fonction de la température .....	48
Figure 9 - Evolution de l'activité des chauves-souris au cours de la nuit en fonction de la vitesse du vent .....	48
Figure 10 - Activité des chiroptères en fonction des températures et vitesses de vent favorables .....	49
Figure 11 - Pipistrelle commune .....	53
Figure 12 – Répartition pipistrelle commune .....	53
Figure 13 - Pipistrelle de Kuhl .....	54
Figure 14 – Répartition pipistrelle de Kuhl .....	54
Figure 15 - Pipistrelle de Nathusius .....	54
Figure 16 – Répartition pipistrelle de Nathusius .....	54
Figure 17 – Sérotine commune .....	55
Figure 18 – Répartition sérotine commune .....	55
Figure 19 – Noctule commune .....	55
Figure 20 – Répartition noctule commune .....	55
Figure 21 - Activité (en ct/h) de la pipistrelle commune au cours de la saison au niveau de l'éolienne 2 .....	56
Figure 22 - Activité (en ct/h) de la pipistrelle de Kuhl au cours de la saison au niveau de l'éolienne 2 .....	56
Figure 23 - Activité (en ct/h) de la pipistrelle de Nathusius au cours de la saison au niveau de l'éolienne 2 .....	57
Figure 24 - Activité (en ct/h) de la sérotine commune au cours de la saison au niveau de l'éolienne 2 .....	57
Figure 25 - Activité (en ct/h) de la noctule commune au cours de la saison au niveau de l'éolienne 2 .....	58
Figure 26 - Schéma de principe des recherches de terrain .....	60
Figure 27 - Représentation de la surface prospectée en fonction des dates d'inventaires .....	66
Figure 28 - Constats de la disparition des cadavres .....	67
Figure 29 – Répartition des cas de mortalité, pour le parc .....	70
Figure 30 – Chronologie des observations de mortalité, par taxon .....	70
Figure 31 – Nombre de cas de mortalité, par espèce et éolienne .....	71
Figure 30 – Chronologie des observations de mortalité, par éolienne .....	71
Figure 32 – Orientation du vent en fonction du moment de la nuit ou en période « journée » .....	75
Figure 33 – Vitesse moyenne maximale du vent (m/s) en première partie de nuit .....	75
Figure 34 – Niveau d'activité de l'éolienne E1 en première partie de nuit .....	76
Figure 35 – Chronologie des découvertes de roitelet à triple bandeau .....	79
Figure 36 – Position des cadavres découverts autour des éoliennes .....	81
Figure 37 – Activité hebdomadaire des chiroptères et facteurs liés .....	82

## I. Introduction

QUADRAN est responsable de l'exploitation (via sa filiale Eole Brocéliande) de 4 aérogénérateurs sur la commune de Treffendel (35). La réglementation prévoit, pour faire suite à la mise en service de tels parcs, un suivi environnemental.

Le bureau d'études ALTHIS est missionné pour réaliser le suivi environnemental post-implantation sur ce parc éolien. Ce dernier comprend à la demande de QUADRAN, les volets suivants :

- ❖ **Suivi des habitats naturels**
- ❖ **Suivi de l'avifaune hivernante**
- ❖ **Suivi des chiroptères (enregistreur automatisé en nacelle)**
- ❖ **Suivi de la mortalité**

La présente étude fait le bilan de ces différents suivis conduits par ALTHIS, entre début juin 2018 et début janvier 2019 (Semaine 23 à semaine 2), sur et autour du parc de Treffendel et de ses 4 éoliennes.

## II. Contexte

### II.1 Parc éolien de Treffendel

Le parc éolien de Treffendel, d'une puissance de 8 MW, est constitué de 4 aérogénérateurs du modèle Vestas V100.

Tableau 1 – Caractéristique des éoliennes du parc de Treffendel

Élément de l'éolienne	Caractéristiques maximales du gabarit
Mât	Hauteur du moyeu : 95 m Largueur à la base du mât : 5 m
Rotor / pales	Diamètre du rotor : 100 m Longueur de la pale : 49 m

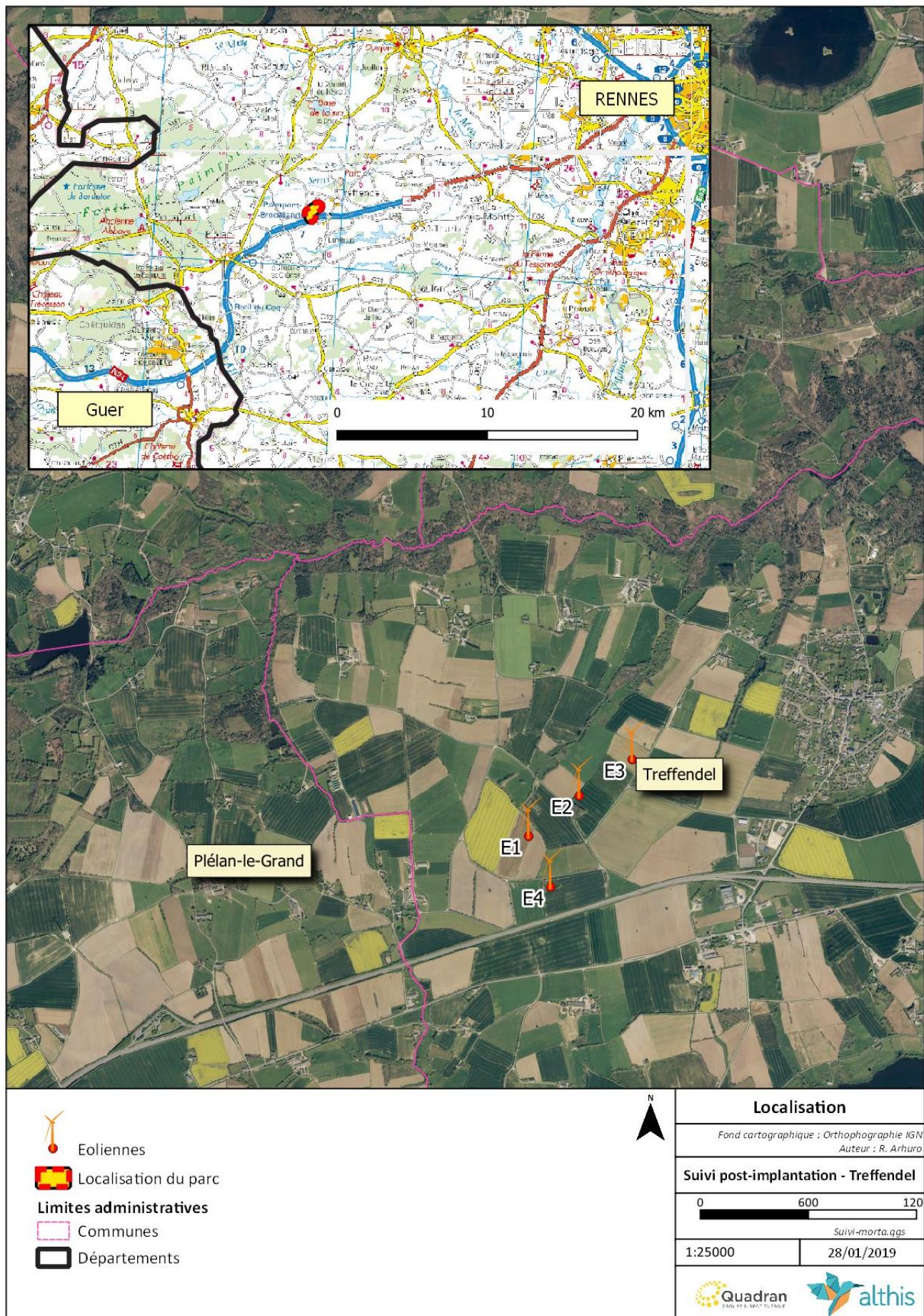
Cette centrale électrique est composée, outre les éoliennes, de leurs annexes :

- ✓ une aire stabilisée en pied d'éolienne (plateforme),
- ✓ un réseau de câbles enterrés,
- ✓ un poste de livraison électrique,
- ✓ un réseau de chemins d'accès aux éoliennes et au poste de livraison.

### II.2 Localisation

#### II.2.1 - Situation géographique et administrative

Treffendel, commune d'Ile et Vilaine (35) est située à l'ouest du département, proche de la limite du Morbihan, à environ 25 kilomètres à l'ouest-sud-ouest de Rennes. Le parc est localisé au centre ouest de la commune, au sud-ouest du bourg, dans un contexte paysager majoritairement agricole (voir Carte 1 ci-dessous). Il est à proximité de la commune voisine de Plélan-le-Grand.



Carte 1- Localisation du parc éolien de Treffendel

## II.2.2 - Topographie

L'étude d'impact produite par Ouest Am indique :

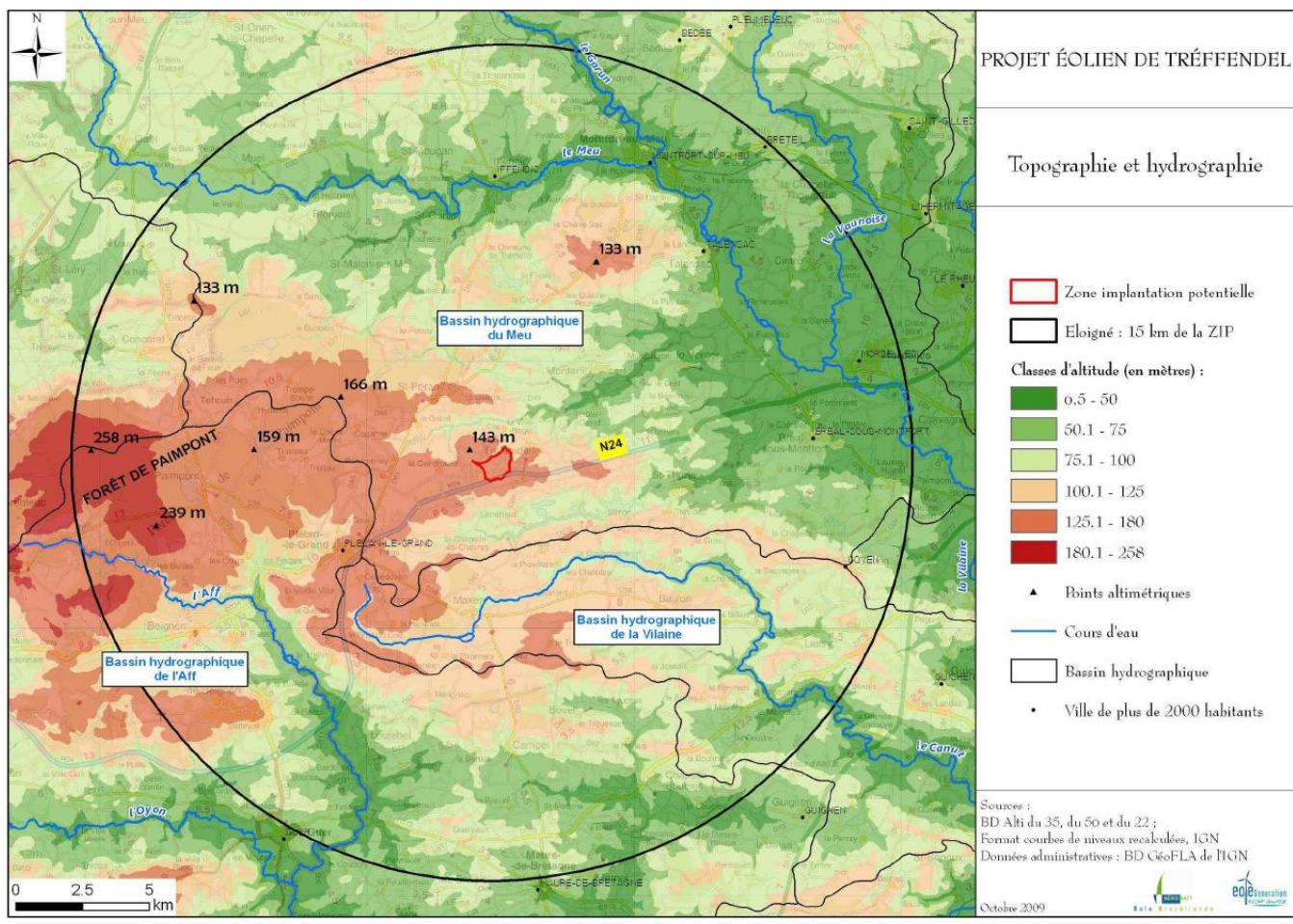
Le site éolien est situé sur un large plateau d'une altitude moyenne de 130 m, en contrebas du massif de la Forêt de Brocéliande culminant à 253 m. Le modèle est relativement doux.

Le plateau du site éolien est bordé par de larges vallées : au sud-ouest par la vallée de l'Aff, au sud par celle du Combs et ses affluents, au nord-est par celles du Meu et du Garun. [...]

La topographie de la commune de Treffendel est marquée par la présence d'un plateau central avec une ligne de crête empruntée par la RN 24 ; cette ligne sépare le bassin versant de la Chèze au sud, du bassin versant du Serein au nord.

Le plateau du site éolien est situé sur le bassin versant du Serein. D'une altitude moyenne de 130 mètres, il présente une surface relativement plane marquée par les douces ondulations des vallées.

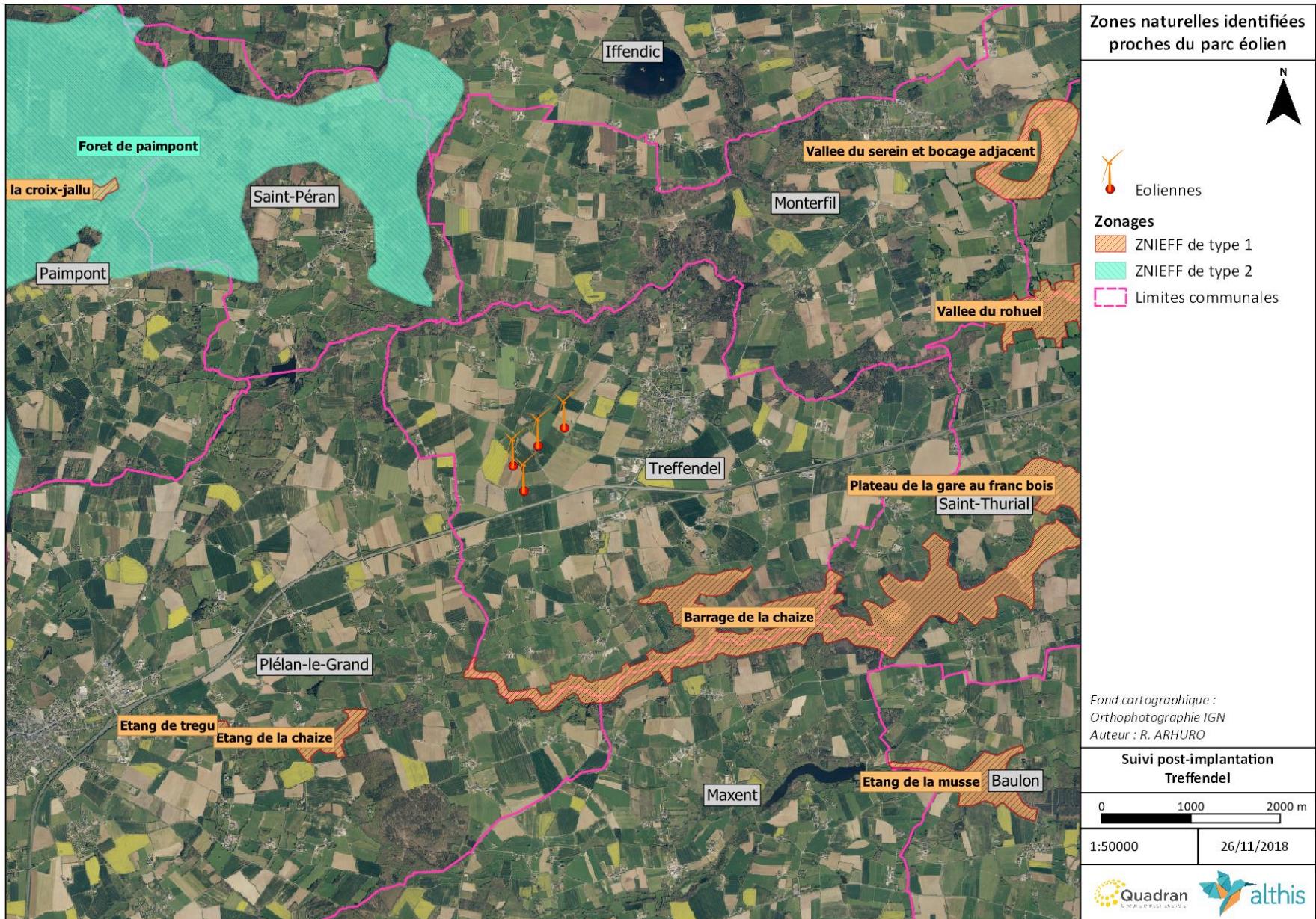
Le secteur d'implantation lui-même se caractérise par un relief peu marqué. Le point haut culmine à l'ouest à 137 m NGF et le point le plus bas est situé au nord, dans la vallée du ruisseau des Vallées (109 m NGF).



Carte 2- Contexte topographique du parc éolien de Treffendel

## II.3 Zonages naturels proches

S'il n'existe aucune zone naturelle à proximité immédiate du parc éolien de Treffendel, plusieurs zones sont recensées dans les alentours, à partir de 2 kilomètres de distance. Il y a des zones naturelles d'intérêt écologique, floristique et faunistique (ZNIEFF), de type 1 et 2, mais pas de site Natura 2000, de site soumis à arrêté préfectoral de protection de biotope (APPB), ni de réserve naturelle.



Carte 3- Zones naturelles proches du parc éolien de Treffendel

Une ZNIEFF de type 2 se situe au nord-ouest. Il s'agit de la forêt de Paimpont, grand ensemble pouvant servir de réservoir de biodiversité pour les espèces forestières.

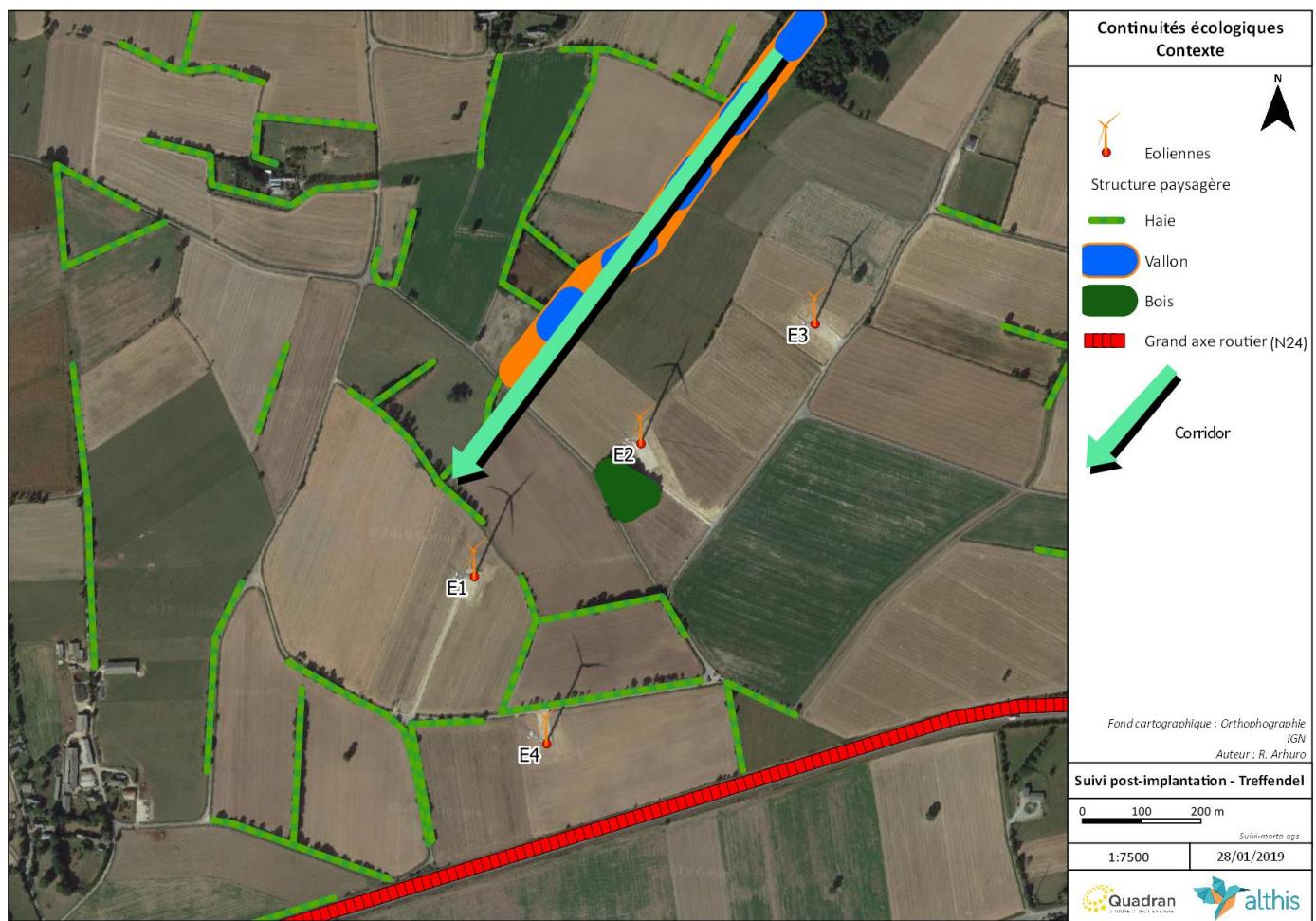
Les ZNIEFF de type 1 correspondent davantage à des zones humides (étang, vallée). Ce contexte est favorable à une partie de l'avifaune. Il est souvent une zone d'activité pour les chiroptères.

## II.4 Contexte paysager et continuités

Le contexte essentiellement agricole comporte majoritairement des cultures, et quelques prairies (plutôt temporaires). Un bois isolé se trouve au milieu du parc éolien, à proximité immédiate de l'éolienne E2.

Plusieurs haies maillent lâchement le territoire. Leur qualité biologique semble inégale.

Une partie des éléments de la matrice paysagère se concentre le long d'un vallon, au nord du parc. Le long d'un petit ruisseau se combinent des haies, voire des bandes boisées, des plans d'eau et des prairies. S'il y a des prairies permanentes sur le secteur, ce sont alors ces prairies étroites qui longent le cours d'eau.



Carte 4- Continuités écologiques autour du parc éolien de Treffendel

Ce vallon forme avec son prolongement un corridor marqué de la trame boisée. Les haies restantes complètent celui-ci, comme continuités écologiques potentielles.

Un élément fort dans la matrice paysagère est la voie express N24, au sud du parc, qui se présente comme une barrière aux continuités écologiques. Même pour les espèces volantes, l'effet barrière peut exister (pour les espèces forestières qui s'éloignent peu des arbres).

### III. Cadrage du suivi

Si les cadres méthodologiques de l'étude d'ALTHIS sont présentés avec chaque volet, ils s'inscrivent dans un double cadre, celui de la réglementation et celui des cahiers des charges, qui sont présentés ici.

#### III.1 Contexte réglementaire

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

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

Un suivi standardisé complété sur des périodes adaptées au besoin est prévu pour chaque parc dans les 3 premières années de la mise en service, et donc initié dans les 2 ans qui suivent cette mise en service. Deux volets principaux sont développés : un suivi de l'activité des chiroptères en altitude sur la durée d'activité et un suivi de mortalité pour l'avifaune et les chiroptères.

Il est demandé de suivre toutes les éoliennes dans le cas de parcs de moins de 9 éoliennes, avec un minimum de 20 prospections entre mi-mai et octobre, par éolienne (cas standard, Tableau 2 suivant). Cette période est la plus sensible en général pour les chiroptères et l'avifaune (périodes de reproduction, de dispersion et de migration post nuptiale). Des compléments (plus intense, pas de temps plus long) peuvent être définis par l'étude d'impact ou l'arrêté d'exploitation (Tableau 2).

Tableau 2 - Période sur laquelle doit être effectué le suivi de mortalité en fonction des risques chiroptérologiques et enjeux avifaunistiques

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

#### III.2 Cadre méthodologique générique du suivi de mortalité

##### III.2.1 - Protocoles de terrain possibles

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 (prédatation 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 prédatation 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 prédatation est limitée aux espèces réellement nocturnes.

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

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.2.2 - 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<sub>estimé</sub>** : = 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<sub>p</sub>** : Surface prospectée

**S<sub>ap</sub>** : Surface à prospecter (zone de prospection théorique de 100m\*100m)

#### **III.2.2.1 - 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<sub>a</sub>** : Nombre de cadavres découverts

**N<sub>b</sub>** : Nombre de cadavres découverts dont la mort n'est pas liée aux éoliennes

**C** = nombre de cadavres comptabilisés = **N<sub>a</sub>** - **N<sub>b</sub>**

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

#### **III.2.2.2 - 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.2.2.3 - 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.2.2.4 - Pondération de surface de prospection

En théorie la surface prospectée est minimum de 1ha (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 40 cm de haut est systématiquement non prospectée, la détection diminuant alors très fortement.

### III.2.2.5 - 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.

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

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.2.3 - Rappels théoriques

Pour ceux qui ne sont pas familiers avec le traitement statistique et probabiliste, les résultats donnés par les estimateurs peuvent paraître étonnants, 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 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 les minimum et 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 calculés absolus (quoique la mortalité ne pouvant être négative, la borne inférieure peut mathématiquement atteindre 0, minimum absolu).

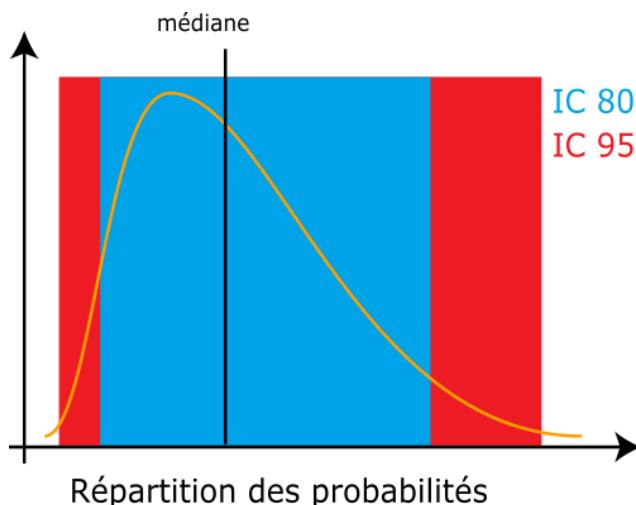


Figure 1 – Répartition des probabilités en fonction d'une valeur théorique de mortalité réelle

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

Les estimateurs ne calquent pas les bornes inférieures des intervalles sur le nombre de cas enregistrés. Il est donc possible que le calcul indique une borne inférieure au nombre de cas constaté sur le terrain. 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 enregistrés.

Quand on segmente l'analyse (par exemple la période complète en 2 périodes, ou le parc entier en analyse par éolienne), les résultats peuvent paraître incohérents ( $P \neq P1 + P2$ ).

Un des éléments, qui explique cet effet, est que les calculs s'appuient sur des proportions de surface. Or le calcul pour une éolienne est fait par rapport à sa surface à prospecter propre, et non par rapport à l'ensemble de la surface du parc. De plus, les calculs pour le parc entier lisent les variations (proportions de surface prospectée, coefficient de détectabilité en fonction du couvert). Dernière explication, d'ordre mathématique : il faudrait additionner la mortalité à la médiane du total, et non à la médiane de chaque composante.

### III.3 Spécificité des suivis de mortalité Althis

#### III.3.1 - Protocole de terrain retenu

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

La surface-échantillon est parcourue à pied en suivant des transects (lignes de prospection), espacés de 10 m pour couvrir celle-ci. Toutes les zones avec une végétation de plus de 40 cm de haut sont écartées.

Le suivi court de début juin 2018 à fin octobre 2018 (semaine 23 à semaine 43) et à lieu une fois par semaine.

L'analyse porte sur l'ensemble de la période suivi, mais aussi selon la pertinence, sur une période initiale de 10 semaines (P1) et une terminale de 10 semaines (P2).

### III.3.2 - Prise en compte du type de surface

Comme chacun a pu s'en rendre compte, 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 40 cm de hauteur moyenne)
- Végétation haute (plus de 40 cm, mais pouvant être parcourue)
- 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 couvert.

Tableau 3 – Exemple de notation des types de couvert

Eolienne E	surface plane	végétation basse	non prospectable
Semaine 1	0,6 ha	0,4 ha	0 ha
Semaine 2	0,5 ha	0,3 ha	0,2 ha
Semaine 3	0,5 ha	0,3 ha	0,2 ha

### III.3.3 - 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).

#### ❖ 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 leurre posés.

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

- L'aspect surprise est vite éventé ; dès qu'un intervenant observe un leurre, il intègre qu'un test est en cours. Seule la recherche jusqu'à la découverte du premier leurre 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.

#### ❖ **Adaptation du test de détection**

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

Hormis le constat de départ sur le test de détection, il a été choisi de prendre en compte la variation du coefficient de détectabilité selon le type de surface (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

Le test de détection adapté est calqué sur le test originel, 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 1 h/ha). Ceci limite le biais observateur averti, puisque celui-ci, au courant par principe du test en cours, ne peut augmenter sensiblement son temps de recherche et ainsi intensifier celle-ci.
- ✓ Le nombre de leurres cumulés sur plusieurs tests augmente la fiabilité du coefficient de détectabilité (en principe 20 à 40 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.



Figure 2 – Leurre fabriqué en tissu  
Source : photo ALTHIS

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

Tableau 4 – Exemple de coefficients de détectabilité

Intervenant	surface plane	végétation basse	végétation haute
Intervenant 1	0,85	0,4	0,2
Intervenant 2	0,84	0,28	0,14

### III.3.4 - Prise en compte conjointe de la détectabilité et du couvert

#### ❖ Principe

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

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

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

$$A = \frac{\sum_{i=0}^n (\frac{Sp+Sb+Sm}{Sap})}{n}$$

$$d = \frac{\sum_{i=0}^n (dp \times Sp + db \times Sb + dh \times Sm)}{n}$$

**A** : Coefficient correcteur de surface

**Sp** : Surface prospectée journalière en surface plane

**Sb** : Surface prospectée journalière en végétation basse

**Sm** : Surface prospectée journalière en végétation moyenne

**Sap** : Surface à prospecter (zone de prospection théorique de 100m\*100m)

**d** : Coefficient composite de détectabilité des observateurs

**dp** : Coefficient de détectabilité de l'observateur en surface plane

**db** : Coefficient de détectabilité de l'observateur en végétation basse

**dm** : Coefficient de détectabilité de l'observateur en végétation moyenne

Tableau 5 – Exemple de calculs de A et d

Eolienne E	Intervenant	surface plane			végétation basse			non prospectable	déetectabilité moyen	correction de surface prospectée
		Sp	dp	Sp * dp	Sb	db	Sb * db		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

### ❖ 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 : <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 et sont moyennés pour définir la médiane et l'intervalle de confiance à 80%.

### ❖ Utilisation des coefficients de détectabilité composites

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

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

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

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

$$\text{Détection théorique sur l'éolienne E} = 40 \times d = 40 \times 0,573 = 22,92.$$

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

### **III.3.5 - Utilisation des données météorologiques et de fonctionnement**

#### III.3.5.1 - Définitions

### ❖ Moments de la journée

Le maximum d'activité des chauves-souris intervient dans la demi-heure précédente et les 3 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 3 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)
- ✓ et 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.

### ❖ 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 (XX% de séquences favorables). Ces indicateurs par pas de temps permettent de les analyser et comparer.

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

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

#### III.3.5.2 - 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 issue de la bibliographie peut être ajustée avec la répartition des séquences avec contacts en fonction du vent.

Les 3 mesures de vent (minimal, moyen et maximal) sont intégrées dans un même indicateur selon le Tableau 42 suivant.

Tableau 6 – Conditions de vol des chiroptères en fonction du vent

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

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

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

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

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

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

### III.3.5.3 - Température favorable à l'activité des chiroptères

Il est pris comme référence 12°C comme température seuil pour l'activité des chiroptères. Cette température est traditionnellement retenue comme limite à l'activité. Elle peut être confirmée ou ajustée avec des données de température issues de mesures sur site.

Tableau 7 – Température et activité des chiroptères

Mesure de température	Activité
Température > 12°C	Favorable
Température < 12°C	Défavorable

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

### III.3.5.4 - Danger associé au fonctionnement éolien

Les éoliennes modernes ont une utilisation optimale du vent. Dès que celui-ci est suffisant, elles tournent à un régime assez soutenu (plus de 6 tours par minute), qui donne une vitesse linéaire en extrémité de pale vite supérieure à 100 km/h. Les seuls mouvements peu dangereux sont donc ceux en roue libre à faible vitesse, et il n'y a pas vraiment d'activité intermédiaire (voir Figure 35). Il est cependant possible de graduer le dépassement d'un seuil, selon s'il concerne les activités maximale, moyenne ou minimale.

Un seuil de 8 tours / minute 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 8 – Danger en fonction du fonctionnement des éoliennes

Vitesse de rotation	Danger	forme simplifiée
Moyenne (< 8 tr/min)	Maximale (< 8 tr/min)	Très faible
	Maximale (> 8 tr/min)	Peu élevé
Moyenne (> 8 tr/min)	Minimale (< 8 tr/min)	Élevé
	Minimale (> 8 tr/min)	Très élevé

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

### III.3.5.5 - Vents et activité des éoliennes

Une éolienne est retenue comme référence pour caractériser l'activité des éoliennes et le vent au fil du suivi. Le choix se porte sur la plus impactante.

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 (entre 19h et 9h).

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 précédent et les 3 heures suivant le coucher du soleil, l'analyse porte principalement sur le vent durant cette période. Elle s'appuie sur la division de la journée en 5 périodes (III.3.5.1 -).

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

## IV. Suivi des habitats naturels

### IV.1 Méthodologie

#### IV.1.1 - Rappel de la commande

La commande de la société Quadrant établit que les surfaces prospectées (100 m autour des éoliennes) devront faire l'objet d'une typologie préalable des secteurs homogènes de végétation et d'une cartographie des habitats selon la typologie CORINE LAND COVER ou EUNIS. Le suivi concerne les 4 éoliennes.

#### IV.1.2 - Protocole mis en œuvre

##### IV.1.2.1 - La typologie EUNIS

Les habitats (unités écologiques) sont recensés selon la typologie EUNIS, qui succède à CORINE Biotope<sup>1</sup>. Cette typologie mise au point et utilisée au niveau européen permet une présentation scientifiquement reconnue et acceptée par tous les acteurs environnementaux. Celle-ci s'intéresse à la classification des habitats dits "naturels", mais aussi aux habitats dits "semi-naturels" voire artificiels (milieux dont l'existence et la pérennité sont essentiellement dues à l'action des activités humaines : friches agricoles, pâturages extensifs, carrières, etc.).

Cette typologie repose sur la description des particularités physiques (en s'appuyant sur une approche phisyonomique et physique) et secondairement par la végétation (en s'appuyant sur une approche phisyonomique et floristique). Organisée selon un système hiérarchique à huit niveaux maximum, on progresse dans la typologie en partant du niveau le plus élevé, qui représente les grands types de milieux présents en Europe, auxquels est attribué un code à une lettre ; puis en progressant vers des types d'habitats de plus en plus précis, on rajoute un nouveau chiffre au code, jusqu'à aboutir au code de l'habitat que l'on observe. Les 2 premiers niveaux suivent une description uniquement physique, et sont séparés des suivants par un point. Au fur et à mesure de la progression, la végétation devient prédominante pour guider les choix.

EUNIS est une représentation hiérarchisée, avec un nombre de niveaux non homogène. La caractérisation se fait au niveau le plus fin lorsque la végétation exprimée le permet.

La représentation cartographie illustre à la fois les grands ensembles d'habitats pour une compréhension globale du site et le détail de tous les habitats EUNIS pour apporter un maximum de précision.

##### IV.1.2.2 - Choix pratiques retenus

Les habitats ont été traités spatialement en s'appuyant sur 3 éléments discriminants :

- ✓ les limites d'habitats,
- ✓ les limites parcellaires (parcellaire agricole plutôt que cadastral)
- ✓ les limites du Carré de suivi de mortalité

Pour ce suivi de mortalité, l'occupation du sol au pied des éoliennes est nécessaire (dans un Carré de 100 m par 100 m).

<sup>1</sup> La typologie EUNIS (European Nature Information System) est un référentiel des habitats naturels, semi-naturels et artificiels présents sur le sol et les mers européens, mis en place à partir de 1998 à travers une gouvernance partagée experts / Agence Européenne de l'Environnement.

L'objectif d'EUNIS est de disposer d'un catalogue des habitats du territoire européen, comme outil de description et d'évaluation.

Les habitats inférieurs à 25 m<sup>2</sup> n'ont pas été identifiés, ainsi que les habitats linéaires non structurants de moins de 1 mètre de large. Ainsi les végétations perturbées des accotements routiers, ou les fines bandes de végétation spontanée séparant 2 parcelles n'apparaissent pas. En revanche, les haies, éléments structurants du paysage, sont intégrées.

Les chemins d'exploitation, quoique non goudronnés, ont été considérés comme infrastructures routières.

## IV.2 Résultats

### IV.2.1 - Bibliographie

L'étude d'impact de 2009 menée par Ouest Am' ne présente cartographiquement que les grands types d'habitats. Sur l'ensemble de l'aire d'étude, ceux-ci sont au nombre de 5, dont deux seulement présents sur la zone étudiée (entre 2007 et 2009) :

- ✓ Culture (présente)
- ✓ Bois (présent)
- ✓ Prairies
- ✓ Fourré
- ✓ Mare

Il n'y a pas d'enjeu identifié du point de vue des habitats dans l'aire d'étude.

### IV.2.2 - Typologie des habitats

Sept types d'habitats ont été identifiés sur le parc, dans la zone tampon de 100 m, avec 4 à 5 habitats par éolienne.

Tableau 9 – Répartition des surfaces par habitats et éoliennes (en m<sup>2</sup>)

Code, intitulé EUNIS	E1	E2	E3	E4	Total	
I1.1 Monocultures intensives	29463	22637	27683	28084	107867	85,9%
E2.61 Prairies améliorées sèches ou humides		2289			2289	1,8%
FA Haies			223	54	277	0,2%
G5.1 Alignements d'arbres	220			527	747	0,6%
G1.8 Boisements acidophiles dominés par Quercus		4045			4045	3,2%
J4.2 Réseaux routiers	307	808	2228	1630	4973	4,0%
J2.32 Sites industriels ruraux	1419	1632	1277	1117	5445	4,3%
<b>Surface par éolienne</b>	<b>31409</b>	<b>31411</b>	<b>31411</b>	<b>31412</b>	<b>125643</b>	<b>100%</b>

Le contexte agricole très marqué se retrouve dans la prédominance des cultures (I1.1), qui couvrent les ¾ des surfaces inventoriées. La prairie améliorée (E2.61) peut y être associée. Elle est pauvre en espèces, proche d'une culture d'herbe (semis récent, sol riche).

Les infrastructures sont aussi bien présentes, avec le réseau routier (J4.2) pour près d'un demi-hectare, et les éoliennes (bases et plateformes intégrées en J2.32) pour plus d'un demi-hectare.

Les éléments les plus naturels (ou à plus grand potentiel de biodiversité) sont les haies arbustives (FA) ou arborées (G5.1) et le bois de chêne (G1.8). Ceux-ci restent marqués par l'activité humaine (sélection et coupe des arbres, pression d'entretien), mais représentent cependant un potentiel d'accueil pour les oiseaux et les chauves-souris.



Carte 5 - Habitats autour des éoliennes du parc de Treffendel

#### Fiches habitats

<b>Code EUNIS : 11.1</b> <b>Dénomination : Monocultures intensives</b> <p>Ce sont des cultures monospécifiques ou presque, sur de grandes surfaces, implantées depuis moins d'un an. Le mode d'exploitation (biocides, labour, drainage...) réduit considérablement le cortège d'espèces associées. Néanmoins, les oiseaux migrateurs et hivernants peuvent y faire des haltes et s'y nourrir.</p>	
--	--

<b>Code EUNIS : E2.61</b> <b>Dénomination : Prairies améliorées sèches ou humides</b> <p>Prairies dérivées de cultures d'herbes ou fortement fertilisées. Les cultivars (par exemple de ray-grass, de fétuque ou de trèfle) sont encore très présents, et les plantes à fleurs, hors légumineuses, sont rares. Le potentiel écologique est assez limité.</p>	
--	--

<b>Code EUNIS : J2.32</b> <b>Dénomination : Sites industriels ruraux</b> <p>Les éoliennes, avec la plateforme et leur poste électrique, sont intégrées à cette catégorie. Elle comprend aussi les ensembles aménagés hors agglomération des sites de production manufacturiers</p> <p>Ce sont des milieux fortement artificialisés, de très faible potentiel écologique.</p>	
--	--

<b>Code EUNIS : G1.8</b> <b>Dénomination : Boisements acidophiles à Quercus</b> <p>Cet habitat comprend la plupart des chênaies bretonnes. Il est utilisé surtout pour les boisements de petite taille, au faciès marqué par l'exploitation ou à la composition intermédiaire entre différentes chênaies.</p> <p>C'est un habitat qui peut abriter de nombreuses espèces animales (oiseaux, chauves-souris)</p>	
---	--

<b>Code EUNIS : G5.1</b> <b>Dénomination : Alignements d'arbres</b> <p>Ce sont les haies arborées. Les alignements d'arbres seuls peuvent être intégrés ici, ou dans l'habitat sur lequel ils sont implantés.</p> <p>Le potentiel écologique peut être important, avec un rôle de corridor qui s'ajoute à un rôle de réservoir pour la faune et la flore.</p>	
---	---

<b>Code EUNIS : FA</b> <b>Dénomination : Haies</b> <p>Ce sont les haies arbustives. Elles sont souvent associées à des talus ou des fossés.</p> <p>Le potentiel écologique peut être aussi important, que pour les haies arborées : rôle de corridor et rôle de réservoir pour la faune et la flore.</p>	
--	--

<b>Code EUNIS : J4.2</b> <b>Dénomination : Réseaux routiers</b> <p>Les routes goudronnées, empierrées sont intégrées ici, ainsi que les chemins d'exploitation. L'habitat comprend aussi les éléments linéaires annexes (accotements, fossés).</p> <p>Ce sont des milieux fortement artificialisés, souvent de faible potentiel écologique, à part ponctuellement pour les accotements qui peuvent présenter des enjeux.</p>	
--	--

#### ❖ **Évolution de l'occupation du sol**

En comparaison avec l'occupation du sol lors de l'étude d'impact (état de 2007-2009), les différences sont minimes. Elles tiennent à l'implantation des éoliennes. Outre les plateformes et voiries, une petite partie de culture, isolée par l'implantation a été transformée en prairie.

La situation des habitats peut donc être considérée comme stable. Le potentiel d'accueil de la faune est faible.

## V. Suivi de l'avifaune

### V.1 Méthodologie

#### V.1.1 - Rappel de la commande

La commande de la société Quadrant suit la préconisation de l'étude d'impact. Il est prévu la réalisation d'un suivi de l'avifaune hivernante (suivi des effectifs hivernants des Vanneaux huppés et des Pluviers dorés). L'objectif de cette action est d'évaluer l'état de conservation de ces populations d'oiseaux et d'estimer l'impact direct ou indirect des éoliennes sur cet état de conservation. Le suivi concerne le parc et ses abords.

#### V.1.2 - Protocole mis en œuvre

Après avoir séjourné dans les pays nordiques ou dans l'est de l'Europe pour se reproduire, une partie de ces oiseaux migre pour passer l'hiver et s'arrête en Bretagne. Ces populations s'attardent surtout dans les secteurs qui sont source de nourriture par exemple les estuaires pour les limicoles, les cultures pour certains passereaux, etc.

L'aire d'étude utilisée est une zone tampon de 300 mètres autour des éoliennes.

La méthode utilisée reprend en partie celle du nouvel atlas des oiseaux hivernants de France. Des transects sont établis afin de couvrir toute l'aire d'étude et ses environs (voir carte ci-après). Ils permettent la prospection de tous les types de milieux présents. Ils sont parcourus à faible vitesse à la période optimale pour les oiseaux hivernants, c'est-à-dire entre décembre et mi-février. Les conditions météorologiques doivent être favorables : pas de vent ni de pluie.

Toutes les espèces contactées lors de la période d'inventaire (espèces vues ou entendues), y compris celles notées en vol ou trouvées mortes (nocturnes par exemple), doivent être répertoriées.

Afin de comprendre le fonctionnement ornithologique du site, les informations suivantes sont aussi collectées :

- ✓ Le nombre d'espèces et d'individus par espèce
- ✓ L'activité particulière (nourrissage, repos, etc.)
- ✓ Les zones fonctionnelles
- ✓ Les comportements divers.



Carte 6 - Méthodologie avifaune hivernante – Transect d'étude

## V.2 Résultats

### V.2.1 - Bibliographie

L'étude d'impact du parc de Treffendel (QUEST AM', 2009) comprend un volet avifaune hivernante. Les résultats d'inventaire mentionnent la fréquentation du site par 2 espèces patrimoniales : le vanneau huppé et le pluvier doré. Une cinquantaine de vanneaux huppés est observée au maximum lors de l'inventaire, mais le nombre a pu être plus élevé dans le courant de l'hiver. Concernant le pluvier doré, 75 individus sont observés en vol, survolant la zone d'étude. Des groupes de passereaux sont également recensés en nombre dans les haies et les cultures.

### V.2.2 - Dates d'inventaire

Comme précisé dans la commande, 2 interventions sur les oiseaux hivernants sont réalisées, entre les mois de décembre 2018 et janvier 2019.

Date d'intervention	Intervenant	Météo
04/12/2018	M.FEON	Temps sec, nuageux, vent faible, 7-13°C
08/01/2019	M.FEON	Temps sec, passage nuageux, vent faible, 5-11°C

Lors de ces deux interventions, la météo est favorable à l'observation des oiseaux hivernants. Chaque suivi a duré approximativement 4 h, en matinée.

### V.2.3 - Contexte

La période d'hivernage se déroule entre la migration postnuptiale et la migration prénuptiale. Elle correspond en termes de date à l'intervalle de temps entre début novembre et fin février, avec un pic en décembre et janvier (coeur de l'hivernage).

Lors des inventaires hivernaux, plusieurs espèces d'oiseaux sont inventoriées. Ces espèces se divisent en plusieurs catégories :

- ✓ **Les hivernants migrants** : Il s'agit d'oiseaux présents sur le site d'étude uniquement pendant la période hivernale. Ils correspondent à des espèces migratrices qui nichent plus au nord de l'Europe et qui viennent passer l'hiver dans des zones au climat moins rude. Ces espèces repartent au printemps pour aller nicher dans d'autres pays.
- ✓ **Les hivernants sédentaires** : Il s'agit d'oiseaux présents sur le site d'étude tout au long de l'année. Ils fréquentent donc le site à différentes périodes et y passent la totalité de l'hiver.
- ✓ **Les hivernants sédentaires/migrants** : Les oiseaux sédentaires voient, dans certains cas, leurs effectifs augmenter de façon significative en période hivernale. Ce phénomène peut s'expliquer de deux façons différentes. En effet, cette augmentation peut être due, en premier lieu, au fait que des communautés plus nordiques d'une espèce viennent passer l'hiver plus au Sud et se mêlent alors à ses congénères sédentaires. Une population mixte d'oiseaux d'une même espèce est alors formée d'individus sédentaires et d'individus hivernant. L'autre possibilité s'explique par des phénomènes de rassemblements hivernaux. En effet, certaines espèces peuvent vivre de façon isolée en période de reproduction, puis devenir grégaires pour passer l'hiver. Au vu de ces divers éléments, il peut s'avérer difficile de différencier certaines espèces migratrices des sédentaires. Il est donc établi que, dans le cas d'espèces présentant des ambiguïtés de statuts, une intégration dans les deux catégories est appliquée (hivernantes et sédentaires).

## V.2.4 - Effectifs et espèces inventoriées

35 espèces d'oiseaux hivernants et 953 individus sont inventoriés dans l'aire d'étude.

Les effectifs obtenus sont les effectifs cumulés en deux journées d'inventaires. Les passereaux sont majoritaires dans le peuplement recensé. Ils se répartissent dans les cultures, dans les prairies ou dans les haies bordant ces parcelles.

Le cortège est majoritairement dominé par l'alouette des champs (393 individus), suivi par le pinson des arbres (147) puis par des espèces formant des plus petits groupes (grives, fringillidés et étourneau sansonnet par exemple) et enfin des individus seul ou en couple (roitelet triple-bandeau, rougegorge familier, pouillot véloce...).

La population hivernante totale est modérée compte tenu des habitats présents. En effet, les zones d'hivernage majeures en Bretagne sont généralement des zones de vasières ou de grandes surfaces de zones humides. Ici, les cultures de céréales servent de zones de gagnage le jour et la nuit les oiseaux se réfugient dans les haies et les boisements la nuit.

Tableau 10 – Espèces hivernantes et effectifs

Espèces	Effectifs
Accenteur mouchet	8
Alouette des champs	393
Alouette lulu	7
Bécassine des marais	4
Bergeronnette grise	5
Bruant zizi	20
Buse variable	2
Chardonneret élégant	13
Chouca des tours	33
Corneille noire	33
Etourneau sansonnet	26
Faucon crécerelle	1
Geai des chênes	1
Grimpereau des jardins	2
Grive draine	2
Grive litorne	15
Grive mauvis	22
Grive musicienne	31
Merle noir	6
Mésange à longue queue	9
Mésange bleue	21
Mésange charbonnière	12
Mouette rieuse	8
Pie bavarde	1
Pigeon biset féral	24
Pigeon ramier	22
Pinson des arbres	147
Pipit farlouse	37
Pouillot véloce	1
Roitelet triple-bandeau	6
Rougegorge familier	23
Tarier pâtre	2
Tourterelle turque	1
Troglodyte mignon	7
Verdier d'Europe	8
<b>Total</b>	<b>953</b>

Il n'est pas possible de comparer les 30 espèces d'étude d'impact avec ces observations, car la liste détaillée n'y est pas présentée. De plus, elle concerne un territoire plus vaste et inclue aussi les migrateurs. Au minimum 3 espèces, données comme remarquables, sont en commun (tarier pâtre, faucon crécerelle et alouette des champs).

Aucun vanneau huppé ou pluvier doré n'est recensé à proximité des aérogénérateurs lors des deux sessions d'inventaires, contrairement à l'étude d'impact. Cependant, les deux espèces sont observées lors de l'hiver 2018-2019, mais en dehors des interventions ciblées ici. Des groupes de limicoles sont aperçus depuis la route sur les cultures bordant la nationale N166, dans la zone d'étude ainsi qu'à proximité du parc éolien. L'absence de ces deux espèces lors des inventaires n'est alors pas imputée au fonctionnement des aérogénérateurs. La présence d'habitats favorables à l'hivernage, proches de la zone d'étude, alors que les habitats au pied des éoliennes ont des couverts végétaux, peut expliquer l'absence de ces oiseaux sur le site d'étude lors des visites sur le site.

## V.2.5 - Evaluations

### V.2.5.1 - Niveau d'enjeu

Le tableau ci-dessous liste les différentes espèces inventoriées en phase d'hivernage, associées à leurs niveaux d'enjeu.

Tableau 11 – Espèces inventoriées et niveaux d'enjeu associés

Nom commun	Nom scientifique	LR nationale	LR régionale	Directive oiseaux	Responsabilité biologie régionale	Enjeux patrimonial	Enjeu sur site
Accenteur mouchet	<i>Prunella modularis</i>	NA	LC	-	-	Faible	Faible
Alouette des champs	<i>Alauda arvensis</i>	LC	-	-	Pas évaluée	Faible	Faible
Alouette lulu	<i>Lullula arborea</i>	NA	DD	Annexe 1	Pas évaluée	Faible	Faible
Bécassine des marais	<i>Galinago Galinago</i>	DD	DD	-	Modérée	Faible	Faible
Bergeronnette grise	<i>Motacilla alba</i>	NA	DD	-	Pas évaluée	Faible	Faible
Bruant zizi	<i>Emberiza cirrus</i>	-	-	-	-	Faible	Faible
Buse variable	<i>Buteo buteo</i>	NA	DD	-	Pas évaluée	Faible	Faible
Chardonneret élégant	<i>Carduelis carduelis</i>	NA	DD	-	Pas évaluée	Faible	Faible
Choucas des tours	<i>Coloeus monedula</i>	NA	LC	-	Pas évaluée	Faible	Faible
Corneille noire	<i>Corvus corone</i>	NA	-	-	-	Faible	Faible
Étourneau sansonnet	<i>Sturnus vulgaris</i>	LC	LC	-	Mineure	Faible	Faible
Faucon crécerelle	<i>Falco tinnunculus</i>	NA	-	-	-	Faible	Faible
Geai des chênes	<i>Garrulus glandarius</i>	NA	-	-	-	Faible	Faible
Grimpereau des jardins	<i>Certhia brachydactyla</i>	-	-	-	-	Faible	Faible
Grive draine	<i>Turdus viscivorus</i>	-	DD	-	Pas évaluée	Faible	Faible
Grive litorne	<i>Turdus pilaris</i>	LC	DD	-	Mineure	Faible	Faible
Grive mauvis	<i>Turdus iliacus</i>	LC	DD	-	Mineure	Faible	Faible
Grive musicienne	<i>Turdus philomelos</i>	NA	DD	-	Pas évaluée	Faible	Faible
Merle noir	<i>Turdus merula</i>	NA	DD	-	Pas évaluée	Faible	Faible
Mésange à longue queue	<i>Aegithalos caudatus</i>	-	DD	-	Pas évaluée	Faible	Faible
Mésange bleue	<i>Cyanistes caeruleus</i>	-	LC	-	Pas évaluée	Faible	Faible
Mésange charbonnière	<i>Parus major</i>	NA	-	-	-	Faible	Faible
Mouette rieuse	<i>Larus ridibundus</i>	LC	LC	-	Elevée	Faible	Faible
Pie bavarde	<i>Pica pica</i>	-	-	-	-	Faible	Faible
Pigeon biset féral	<i>Columba livia</i>	LC	DD	-	Pas évaluée	Faible	Faible
Pigeon ramier	<i>columba palumbus</i>	LC	DD	-	Mineure	Faible	Faible
Pinson des arbres	<i>Fringilla coelebs</i>	NA	DD	-	Pas évaluée	Faible	Faible
Pipit farlouse	<i>Anthus pratensis</i>	DD	DD	-	Modérée	Faible	Faible
Pouillot véloce	<i>Phylloscopus collubita</i>	-	-	-	-	Faible	Faible
Roitelet à triple bandeau	<i>Regulus ignicapilla</i>	NA	DD	-	Pas évaluée	Faible	Faible
Rougegorge familier	<i>Erythacus rubecula</i>	NA	DD	-	Pas évaluée	Faible	Faible
Tarier pâtre	<i>Saxicola torquatus</i>	NA	DD	-	-	Faible	Faible
Tourterelle turque	<i>Streptopelia decaocto</i>	-	-	-	-	Faible	Faible
Troglodyte mignon	<i>Troglodytes troglodytes</i>	-	-	-	-	Faible	Faible
Verdier d'Europe	<i>Carduelis chloris</i>	NA	DD	-	Pas évaluée	Faible	Faible

LR régionale : BRETAGNE ENVIRONNEMENT GIP et Al., 2015 - LR nationale Liste rouge des oiseaux menacés en France – Oiseaux de France métropolitaine – MAJ 2016 (UICN France, MNHN, LPO, SEO & ONCFS 2016).

LC : préoccupation mineure ; VU : Vulnérable ; NA Non applicable ; DD : Données insuffisantes ; NE : Non évalué

Sur les 35 espèces hivernantes, toutes sont classées en enjeu sur site « faible », à la suite de l'analyse de leur statut de conservation et de la responsabilité régionale de la Bretagne en matière de protection de ces espèces hivernantes.

#### V.2.5.2 - Sensibilité et vulnérabilité

Tableau 12 – Espèces inventoriées, sensibilité et vulnérabilité associée

Nom commun	Nom scientifique	Sensibilité	Vulnérabilité
Accenteur mouchet	<i>Prunella modularis</i>	Faible	Faible
Alouette des champs	<i>Alauda arvensis</i>	Faible	Faible
Alouette lulu	<i>Lullula arborea</i>	Faible	Faible
Bécassine des marais	<i>Galinago Galinago</i>	Faible	Faible
Bergeronnette grise	<i>Motacilla alba</i>	Faible	Faible
Bruant zizi	<i>Emberiza cirlus</i>	Faible	Faible
Buse variable	<i>Buteo buteo</i>	Faible	Faible
Chardonneret élégant	<i>Carduelis carduelis</i>	Faible	Faible
Choucas des tours	<i>Coloeus monedula</i>	Faible	Faible
Corneille noire	<i>Corvus corone</i>	Faible	Faible
Étourneau sansonnet	<i>Sturnus vulgaris</i>	Faible	Faible
Faucon crécerelle	<i>Falco tinnunculus</i>	Forte	Faible
Geai des chênes	<i>Garrulus glandarius</i>	Faible	Faible
Grimpereau des jardins	<i>Certhia brachydactyla</i>	Faible	Faible
Grive draine	<i>Turdus viscivorus</i>	Faible	Faible
Grive litorne	<i>Turdus pilaris</i>	Faible	Faible
Grive mauvis	<i>Turdus iliacus</i>	Faible	Faible
Grive musicienne	<i>Turdus philomelos</i>	Faible	Faible
Merle noir	<i>Turdus merula</i>	Faible	Faible
Mésange à longue queue	<i>Aegithalos caudatus</i>	Faible	Faible
Mésange bleue	<i>Cyanistes caeruleus</i>	Faible	Faible
Mésange charbonnière	<i>Parus major</i>	Faible	Faible
Mouette rieuse	<i>Larus ridibundus</i>	Forte	Faible
Pie bavarde	<i>Pica pica</i>	Faible	Faible
Pigeon biset feral	<i>Columba livia</i>	Faible	Faible
Pigeon ramier	<i>columba palumbus</i>	Faible	Faible
Pinson des arbres	<i>Fringilla coelebs</i>	Faible	Faible
Pipit farlouse	<i>Anthus pratensis</i>	Faible	Faible
Pouillot véloce	<i>Phylloscopus collubita</i>	Faible	Faible
Roitelet à triple bandeau	<i>Regulus ignicapilla</i>	Faible	Faible
Rougegorge familier	<i>Erythacus rubecula</i>	Faible	Faible
Tarier pâtre	<i>Saxicola torquatus</i>	Faible	Faible
Tourterelle turque	<i>Streptopelia decaocto</i>	Faible	Faible
Troglodyte mignon	<i>Troglodytes troglodytes</i>	Faible	Faible
Verdier d'Europe	<i>Carduelis chloris</i>	Faible	Faible

#### ❖ Sensibilité

Parmi les 35 espèces d'oiseaux hivernantes recensées, 2 espèces affichent un niveau de sensibilité « forte » : le faucon crécerelle et la mouette rieuse. Ce niveau concerne la sensibilité de cette espèce face au risque d'impact éolien.

En effet, comme l'indique la compilation nationale 2017 des cas de mortalité sur des parcs français (LPO France, MARX 2017) ainsi que la compilation européenne des cas de mortalité (T.DURR, mèj 2018), le faucon crécerelle apparaît comme une espèce particulièrement sensible à la collision. La particularité de ce rapace diurne est qu'il est sensible durant toute l'année ; contrairement à de nombreuses espèces principalement victimes lors de la période de reproduction.

La mouette rieuse est une espèce fortement sensible aux risques de collision, qui figure dans les espèces les plus impactées en France Marx 2017) et en Europe (plus de 660 cas recensé dans la compilation européenne de T.DURR). En France, les cas de collision avec la mouette rieuse concernent uniquement des parcs littoraux. L'observation des dates de découvertes des cas de mortalité montre qu'ils ont lieu essentiellement au printemps/été et très peu en l'automne et en hiver ; bien que les populations de mouettes rieuses sont alors toutes aussi importantes sur le territoire français (MARX, 2015).

Toutes les autres espèces recensées lors de l'inventaire affichent un niveau de sensibilité « faible ».



Figure 3 - Faucon crécerelle (photo hors site)

#### ❖ Vulnérabilité

Le niveau de vulnérabilité d'une espèce est défini en combinant le niveau d'enjeu sur site avec le niveau de sensibilité. Il est néanmoins important de pondérer ce résultat avec différents éléments, notamment l'effectif observé sur le site et la localisation géographique du parc étudié (littoral, continental).

Parmi les espèces recensées ci-dessus, seuls le faucon crécerelle et la mouette rieuse montrent un niveau de sensibilité particulier. Or, un seul individu du premier est noté sur le site, et 8 individus de la seconde, lors des 2 interventions. Bien que le faucon crécerelle soit sensible à la présence des aérogénérateurs en période d'hivernage, son niveau de vulnérabilité est tout de même établi à un niveau « **faible** ». Pour la mouette rieuse, les 8 individus sont contactés lors de l'inventaire des hivernants. La vulnérabilité est donc établie à un niveau « **faible** » pour cette espèce en hiver.

Le niveau de vulnérabilité « **faible** » est défini pour les 33 autres espèces présentes sur le parc éolien de Treffendel, en période d'hivernage.

Bien que le vanneau huppé et le pluvier doré soient connus sur le site et à proximité, ils ne sont pas contactés lors des interventions et ne peuvent, de ce fait, pas être intégrés au suivi. Une explication simple peut être avancée : les cultures autour des éoliennes ayant été semées d'un couvre-sol, les habitats n'étaient pas favorables à ces deux espèces au moment du suivi. Cependant, il est intéressant de noter que ces espèces sont sensibles à la perte d'habitats et que la région Bretagne à une responsabilité importante pour la conservation de ces limicoles en période d'hivernage (BRETAGNE ENVIRONNEMENT GIP et al., 2015).

### Bilan de l'avifaune hivernante

L'aire d'étude est peuplée de **35 espèces hivernantes** pour un total de 953 individus en 2 journées d'inventaires. Les oiseaux sont localisés sur les cultures et dans les haies, dans lesquelles ils se nourrissent et s'abritent. Les passereaux sont largement majoritaires et l'effectif total est dominé par l'alouette des champs, qui se cantonne en groupes plus ou moins conséquents sur les cultures.

Toutes les espèces sont classées en enjeu sur site « faible ». Concernant l'analyse de la sensibilité des espèces recensées, seuls le faucon crécerelle et la mouette rieuse affichent une sensibilité « forte ». Cependant de faibles effectifs sont observés ; associés à la période hivernale, la vulnérabilité de ces espèces est donc fixée au niveau « **faible** ».

Toutes les espèces hivernantes affichent donc un niveau de **vulnérabilité « faible »**.

## VI. Suivi des chiroptères

### VI.1 Méthodologie

#### VI.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 20 à 43 (mi-mai à octobre). Le suivi ne concerne qu'une éolienne. À noter que l'accès aux nacelles ne peut se faire sans une personne habilitée. Ainsi, la mise en place du Batcorder sur le parc de Treffendel a dû se faire en présence du personnel de la société Quadrant et l'enregistreur n'a été installé que le 18 juin 2018, dans la nacelle de l'éolienne E2.

#### VI.1.2 - Protocole mis en œuvre

##### VI.1.2.1 - Principe d'écholocation chez les chauves-souris et suivis par acoustique

Les chauves-souris européennes utilisent le principe du sonar, appelé écholocation, 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).

Les ultrasons sont émis soit avec le nez dans le cas des rhinolophes, soit avec la bouche dans le cas des Vespertilion.

En plus de ces ultrasons, les chiroptères peuvent également émettre des « cris sociaux » qui sont des cris de communication et qui sont également audibles par l'homme. Ils dépendent de paramètres liés aux habitats dans lesquels les individus évoluent, à la morphologie de ces derniers et à la taille des proies. Chaque espèce possède donc des gammes de signaux qui lui sont propres. Il est alors possible d'identifier une espèce à partir de cris sociaux enregistrés. Toutefois, en fonction du contexte, il peut exister des recouvrements (signaux ayant les mêmes caractéristiques), rendant l'identification plus délicate (BOONMAN et al., 1995 ; SIEMERS et SCHNITZLER, 2000).

Ainsi, le suivi des chiroptères par acoustique, à l'aide d'un enregistreur à ultrasons, permet donc d'obtenir des informations sur les espèces présentes dans un milieu donné. De plus, la présence d'un enregistreur est discrète (silencieux, sans éclairage et immobile) et n'affecte pas le comportement des chauves-souris. En plus de l'espèce, il peut être relevé si l'individu capté est en chasse ou transit, par la structure et le rythme des signaux émis.

##### VI.1.2.2 - Écoute en nacelle

###### ❖ 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)

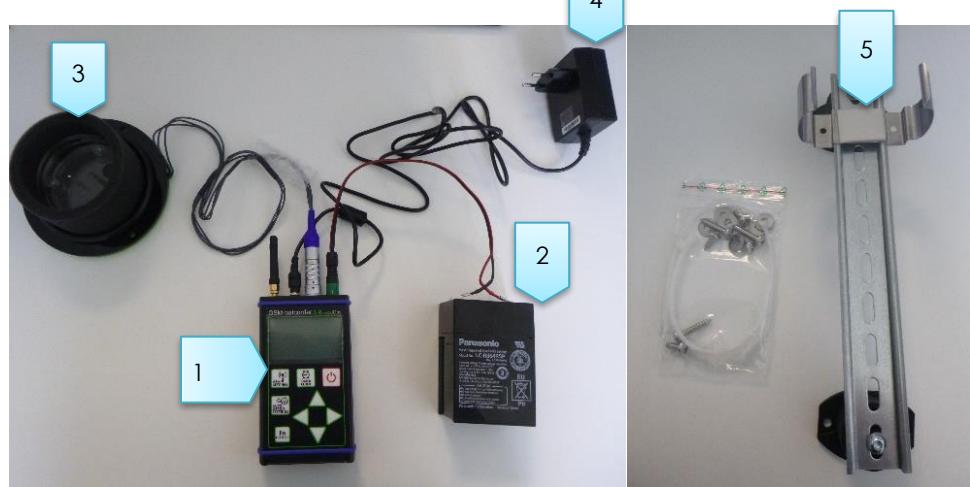


Figure 4 - À gauche : ensemble du matériel d'enregistrement ;  
À droite : barre de fixation

#### ❖ Installation

Le module GSM-Batcorder se place donc dans la nacelle de l'éolienne. 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 2 du parc éolien de Treffendel, le 18 juin 2018. Le choix de l'éolienne s'appuie sur la présence à proximité immédiate d'un boisement (attractif pour les chauves-souris). C'est a priori l'éolienne qui présente le risque de mortalité le plus important.

#### ❖ 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.

Ici, notre boîtier était paramétré de façon à enregistrer l'intégralité des nuits avec une marge d'au minimum 30 minutes avant et 30 minutes après la nuit.

À noter qu'une intervention le 10 septembre a eu lieu sur le boîtier afin de relever la carte SD et de la remplacer par une autre.

#### VI.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 correspondent 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, dû 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 13 - Regroupement d'espèces possibles

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

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

Une fois l'ensemble identifié, les résultats sont convertis en nombre de contact par heure afin de lisser les biais liés au temps d'écoute. Un coefficient de correction sera également appliqué pour lisser les biais liés à la distance de détection. En effet, la distance de détection s'avère différente en fonction espèces. Un petit rhinolophe ne sera pas capté au-delà de 5m du micro tandis qu'une noctule commune sera enregistrée jusqu'à 150m. Les coefficients appliqués seront ceux préconisés par Michel BARATAUD dans son livre « Écologie acoustique des chiroptères d'Europe » (BARATAUD, 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).

Tableau 14 - Tableau des distances des détections des chauves-souris en fonction des espèces et leur coefficient de détectabilité en fonction du milieu

milieu ouvert				sous-bois																																				
Intensité d'émission	Espèces	distance détection	coefficient détectabilité	Intensité d'émission	Espèces	distance détection	coefficient détectabilité																																	
faible	<i>Rhinolophus hipposideros</i>	5	5,00	faible	<i>Rhinolophus hipposideros</i>	5	5,00																																	
	<i>Rhinolophus ferrugineus</i>	10	2,50		<i>Plecotus spp</i>	5	5,00																																	
	<i>Myotis emarginatus</i>	10	2,50		<i>Myotis emarginatus</i>	8	3,10																																	
	<i>Myotis alcathoe</i>	10	2,50		<i>Myotis nattereri</i>	8	3,10																																	
	<i>Myotis mystacinus</i>	10	2,50		<i>Rhinolophus ferrugineus</i>	10	2,50																																	
	<i>Myotis brandtii</i>	10	2,50		<i>Myotis alcathoe</i>	10	2,50																																	
	<i>Myotis daubentonii</i>	15	1,70		<i>Myotis mystacinus</i>	10	2,50																																	
	<i>Myotis nattereri</i>	15	1,70		<i>Myotis brandtii</i>	10	2,50																																	
	<i>Myotis bechsteinii</i>	15	1,70		<i>Myotis daubentonii</i>	10	2,50																																	
	<i>Barbastella barbastellus</i>	15	1,70		<i>Myotis bechsteinii</i>	10	2,50																																	
moyenne	<i>Myotis oxygnathus</i>	20	1,20	moyenne	<i>Barbastella barbastellus</i>	15	1,70																																	
	<i>Myotis myotis</i>	20	1,20		<i>Myotis oxygnathus</i>	15	1,70																																	
	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	25	1,00		<i>Myotis myotis</i>	15	1,70																																	
	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	30	0,83		<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	20	1,20																																	
	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	30	0,83		<i>Miniopterus schreibersii</i>	20	1,20																																	
forte	<i>Pipistrellus nathusii</i>	30	0,83	forte	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	25	1,00																																	
	<i>Miniopterus schreibersii</i>	30	0,83		<i>Pipistrellus kuhlii</i>	25	1,00																																	
	<i>Hypsugo savii</i>	40	0,71		<i>Hypsugo savii</i>	30	0,83																																	
très forte	<i>Eptesicus serotinus</i>	40	0,71		<i>Eptesicus serotinus</i>	30	0,83																																	
	<i>Plecotus spp</i>	40	0,71	très forte	<i>Eptesicus nilssonii</i>	50	0,50	très forte	<i>Eptesicus nilssonii</i>	50	0,50	<i>Vespadelus murinus</i>	50	0,50	<i>Vespadelus 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
très forte	<i>Eptesicus nilssonii</i>	50	0,50		très forte	<i>Eptesicus nilssonii</i>	50		0,50																															
	<i>Vespadelus murinus</i>	50	0,50			<i>Vespadelus 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 : MEEM, 2016 d'après Barataud, 2012

Le niveau d'activité des chauves-souris se détermine en fonction d'une échelle à 4 échelons :

- ✓ Nulle ou très faible : nombre de contacts/heure < 20
- ✓ Faible : 20 ≤ nombre de contacts/heure < 50
- ✓ Moyenne : 50 ≤ nombre de contacts/heure < 100
- ✓ Forte : 100 ≤ nombre de contacts/heure

La diversité spécifique observée est également définie de la façon suivante :

- ✓ Nulle ou très faible : nombre d'espèces = 0 à 2
- ✓ Faible : nombre d'espèces = 3 à 4
- ✓ Moyenne : nombre d'espèces = 5 à 7
- ✓ Forte : nombre d'espèces = 8 et plus

Pour chaque espèce, le seuil d'activité sera toutefois hiérarchisé selon les niveaux établis pour la région Bretagne.

Tableau 15 - Évaluation du seuil d'activité pour chaque espèce de chauves-souris en Bretagne

Espèce	Indice de détectabilité	Niveau d'abondance en Bretagne	Seuil d'activité (n = nb contact / h)				
			Nul à très faible	Faible	Moyen	Fort	Très fort
Pipistrelle commune	Moyen	Commune à très commune	n < 8	8 ≤ n < 32	32 ≤ n < 60	60 ≤ n < 120	120 ≤ n
Pipistrelle de Kuhl	Moyen	Commune	n < 4	4 ≤ n < 16	16 ≤ n < 30	30 ≤ n < 60	60 ≤ n
Pipistrelle de Nathusius	Moyen	Peu commune	n < 1	1 ≤ n < 4	4 ≤ n < 7,5	7,5 ≤ n < 15	15 ≤ n
Pipistrelle pygmée	Moyen	Rare	n < 0,5	0,5 ≤ n < 2	2 ≤ n < 3,75	3,75 ≤ n < 7,5	7,5 ≤ n
Barbastelle d'Europe	Faible	Peu commune	n < 0,2	0,2 ≤ n < 1	1 ≤ n < 2	2 ≤ n < 3	3 ≤ n
Sérotine commune	Fort	Commune	n < 6	6 ≤ n < 24	24 ≤ n < 45	45 ≤ n < 90	90 ≤ n
Noctule commune	Très fort	Rare	n < 1	1 ≤ n < 4	4 ≤ n < 7,5	7,5 ≤ n < 15	15 ≤ n
Noctule de Leisler	Très fort	Rare	n < 1	1 ≤ n < 4	4 ≤ n < 7,5	7,5 ≤ n < 15	15 ≤ n
Sérotine bicolore	Très fort	Anecdotique	n < 1	1 ≤ n < 4	4 ≤ n < 7,5	7,5 ≤ n < 15	15 ≤ n
Grande Noctule	Très fort	Anecdotique	n < 1	1 ≤ n < 4	4 ≤ n < 7,5	7,5 ≤ n < 15	15 ≤ n
Oreillard roux	Fort (milieu ouvert)	Assez commune	n < 3	3 ≤ n < 12	12 ≤ n < 22,5	22,5 ≤ n < 45	45 ≤ n
Oreillard roux	Moyen (milieu semi-ouvert)	Assez commune	n < 2	2 ≤ n < 8	8 ≤ n < 15	15 ≤ n < 30	30 ≤ n
Oreillard roux	Faible (milieu fermé)	Assez commune	n < 0,5	0,5 ≤ n < 2	2 ≤ n < 3,75	3,75 ≤ n < 7,5	7,5 ≤ n
Oreillard gris	Fort (milieu ouvert)	Assez commune	n < 3	3 ≤ n < 12	12 ≤ n < 22,5	22,5 ≤ n < 45	45 ≤ n
Oreillard gris	Moyen (milieu semi-ouvert)	Assez commune	n < 2	2 ≤ n < 8	8 ≤ n < 15	15 ≤ n < 30	30 ≤ n
Oreillard gris	Faible (milieu fermé)	Assez commune	n < 0,5	0,5 ≤ n < 2	2 ≤ n < 3,75	3,75 ≤ n < 7,5	7,5 ≤ n
Grand Rhinolophe	Faible	Peu commune	n < 0,2	0,2 ≤ n < 1	1 ≤ n < 2	2 ≤ n < 3	3 ≤ n
Petit Rhinolophe	Faible	Peu commune	n < 0,2	0,2 ≤ n < 1	1 ≤ n < 2	2 ≤ n < 3	3 ≤ n
Murin d'Alcatheo	Faible	Peu commune	n < 0,2	0,2 ≤ n < 1	1 ≤ n < 2	2 ≤ n < 3	3 ≤ n
Murin de Bechstein	Faible	Peu commune	n < 0,2	0,2 ≤ n < 1	1 ≤ n < 2	2 ≤ n < 3	3 ≤ n
Murin à Oreilles échancreées	Faible	Peu commune	n < 0,2	0,2 ≤ n < 1	1 ≤ n < 2	2 ≤ n < 3	3 ≤ n
Murin de Natterer	Faible	Assez commune	n < 0,5	0,5 ≤ n < 2	2 ≤ n < 3,75	3,75 ≤ n < 7,5	7,5 ≤ n
Murin à moustaches	Faible	Assez commune	n < 0,5	0,5 ≤ n < 2	2 ≤ n < 3,75	3,75 ≤ n < 7,5	7,5 ≤ n
Murin de Daubenton	Faible	Commune	n < 1	1 ≤ n < 4	4 ≤ n < 7,5	7,5 ≤ n < 15	15 ≤ n
Grand Murin	Moyen (milieu ouvert et semi-ouvert)	Peu commune	n < 1	1 ≤ n < 4	4 ≤ n < 7,5	7,5 ≤ n < 15	15 ≤ n
Grand Murin	Faible (milieu fermé)	Peu commune	n < 0,2	0,2 ≤ n < 1	1 ≤ n < 2	2 ≤ n < 3	3 ≤ n
Minioptère de Schreibers	Moyen	Rare	n < 0,5	0,5 ≤ n < 2	2 ≤ n < 3,75	3,75 ≤ n < 7,5	7,5 ≤ n

tout milieu	milieu ouvert	milieu semi-ouvert	milieu fermé

Source : Association Amikiro, 2016

Il s'agit d'une synthèse bibliographique de l'association Amikiro, faite en 2016, également basée sur des retours d'expériences de chiroptérologues bretons.

## VI.2 Résultats

### VI.2.1 - Bibliographie

L'étude d'impact de 2009 menée par Ouest Am' indique que 2 espèces de chiroptères ont été mises en évidence : la pipistrelle commune et une pipistrelle indéterminée (PIP35).

Le milieu est considéré comme plutôt défavorable pour les chauves-souris. Il est néanmoins indiqué qu'il existe à 9 km, à Paimpont, des gîtes d'hibernation importants (près de 150 chauves-souris, dont les grand et petit rhinolophes, le grand murin, le murin à oreilles échancrées).

Aucune sensibilité n'était retenue.

### VI.2.2 - Résultats des écoutes en nacelle

Les résultats enregistrés lors de la saison d'écoute sont synthétisés dans le tableau suivant.

Tableau 16 - Nombre de contacts par espèce obtenus en nacelle

Période	Date d'enregistrement	Nombre approximatif d'heures d'enregistrement	Espèces					Nombre de contacts bruts total	Nombre de contacts / heure	Niveau d'activité
			Pp	Pk	Pn	Es	Nc			
Juin	du 18/06/2018 au 30/06/2018	88	3	2	-	-	-	5	0,06	Très faible
Juillet	du 01/07/2018 au 31/07/2018	263,5	29	5	-	6	4	44	0,17	Très faible
Août	du 01/08/2018 au 31/08/2018	294,5	17	11	24	1	3	56	0,19	Très faible
Septembre	du 01/09/2018 au 30/09/2018	300	12	-	6	-	4	22	0,07	Très faible
Octobre	du 01/10/2018 au 31/10/2018	310	7	10	-	-	-	17	0,05	Très faible

Pp : Pipistrelle commune ; Pk : Pipistrelle de kuhl ; Pn : Pipistrelle de Nathusius ; Es : Sérotine commune ; Nc : Noctule commune.

#### VI.2.2.1 - Caractérisation globale

Ce sont au total 144 contacts qui ont été enregistrés lors de la saison pour une moyenne de 0.108 contact par heure.

L'activité chiroptérologique globale au niveau de l'éolienne 2 est donc considérée comme très faible selon l'échelle définie dans la partie méthodologique.

#### ❖ Diversité spécifique

Ce sont 5 espèces de chauves-souris qui ont été recensées en nacelle.

Tableau 17 - Espèces inventoriées en nacelle

Groupe ou espèce	Nom scientifique
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>
Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>
Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>
Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>
Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>

Parmi le cortège d'espèces recensé en nacelle, on ne retrouve que des espèces à forte sensibilité éolienne. La pipistrelle commune est également l'espèce qui a été retrouvée impactée lors des suivis mortalité du parc.

#### ❖ Abondance

L'évaluation de leur activité est calculée après application du coefficient de détectabilité ainsi qu'en fonction de leur niveau d'abondance en Bretagne comme expliqué dans la méthodologie ( $\frac{\text{nb de contact/h} * \text{coefficient de détection}}{\text{temps total d'enregistrement}}$ ).

L'intégralité des contacts a été prise en compte lors de l'analyse.

Tableau 18 - Évaluation du niveau d'activité des espèces inventorierées par écoute en nacelle

Groupe ou espèce	Nom scientifique	Activité (contacts/h)	Niveau d'activité
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	0,053	Très faible
Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	0,02	Très faible
Pipistrelle de Natusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	0,02	Très faible
Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>	0,003	Très faible
Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	0,002	Très faible

La totalité des espèces recensées en nacelle a un niveau d'activité très faible.

L'espèce ayant l'activité la plus « intense » est la pipistrelle commune avec une activité de 0,053 contact/heure, espèce la plus commune en France. C'est également l'espèce la plus impactée par les éoliennes.

#### VI.2.2.2 - Répartition temporelle des contacts

##### ❖ Répartition mensuelle

L'activité est la plus forte au mois d'août (0,19 contact / heure) et la plus faible au mois d'octobre (0,05 contact / heure). La diversité spécifique au mois d'août présente une diversité spécifique moyenne avec 5 espèces. Celle des mois de juillet et septembre est jugée faible (4 et 3 espèces) tandis que les mois de juin et octobre possèdent une diversité spécifique très faible (2 espèces).

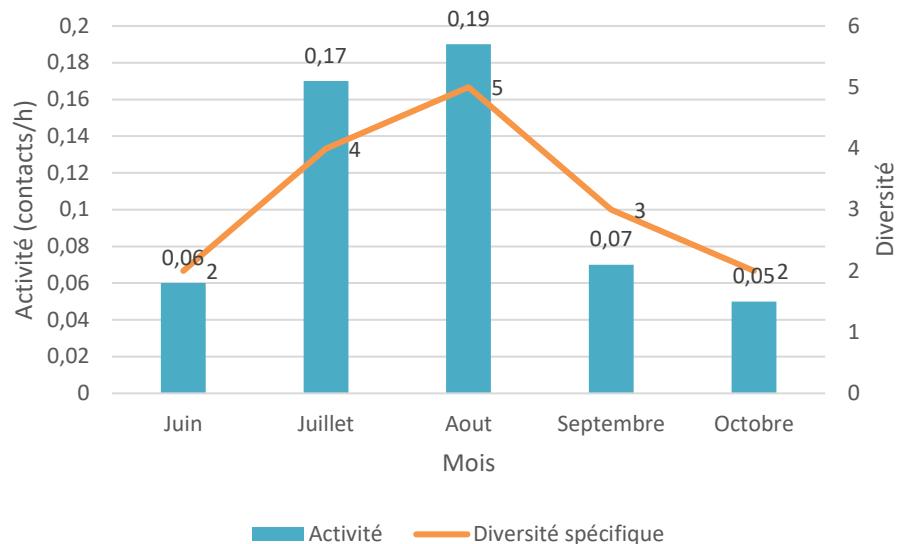


Figure 5 - Évolution de l'activité et de la diversité spécifique au cours de la saison

En prenant les espèces au cas par cas, il en va de même pour leur activité.

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

Période	Date d'enregistrement	Nombre approximatif d'heures d'enregistrements	Espèces				
			Pp	Pk	Pn	Es	Nc
Juin	du 19/06/2018 au 30/06/2018	88	0,03	0,02	-	-	-
Juillet	Du 01/07/2018 au 31/07/2018	263,5	0,11	0,02	-	0,01	0,004
Août	du 01/08/2018 au 31/08/2018	294,5	0,06	0,04	0,08	0,002	0,003
Septembre	du 01/09/2018 au 30/09/2018	300	0,04	-	0,02	-	0,003
Octobre	du 01/10/2018 au 31/10/2018	310	0,02	0,03	-	-	-

Globalement, il en ressort que :

- ✓ Toutes les espèces ont une activité très faible, tout au long de la saison.
- ✓ La pipistrelle commune est contactée tous les mois de la saison d'écoute.
- ✓ Il en est de même pour la pipistrelle de Kuhl, sauf en septembre.
- ✓ La pipistrelle de Nathusius n'a été contactée qu'en août et septembre. Il s'agit cependant de la période migratoire pour celle-ci.
- ✓ La sérotine commune et la noctule commune n'ont été contactées qu'à la période estivale de la saison.

#### ❖ Répartition hebdomadaire

En rapportant la même analyse que précédent, mais par semaine, plutôt que par mois, l'activité est la plus forte la semaine 33, soit au mois d'août. Certaines semaines, aucun contact de chiroptères n'a été enregistré.

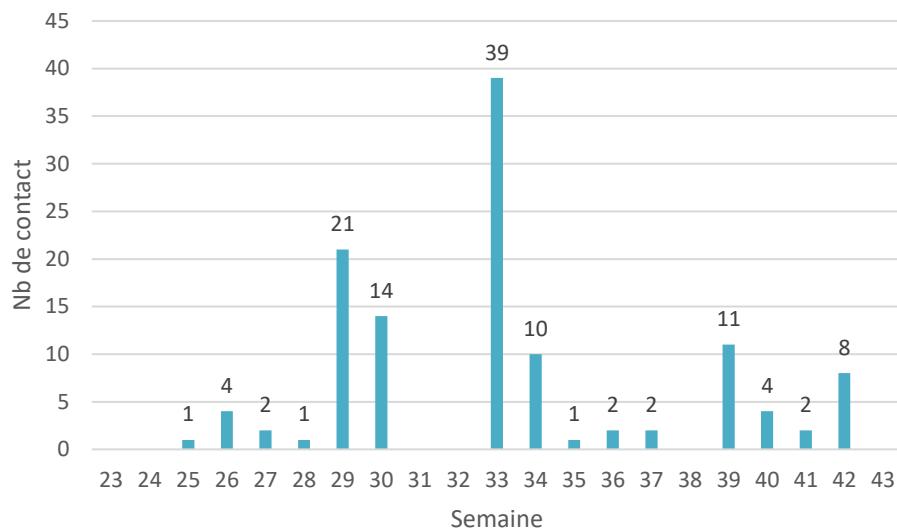


Figure 6 - Nombre de contacts enregistrés, toutes espèces confondues, par semaine

#### ❖ Répartition horaire

La répartition des contacts, toutes espèces confondues, par tranche horaire, montre une activité plus marquée en début de nuit. Environ 70% des contacts se font avant minuit (concordance avec les données théoriques III.3.5.1 -). L'activité reste ensuite assez constante au fil de la nuit.

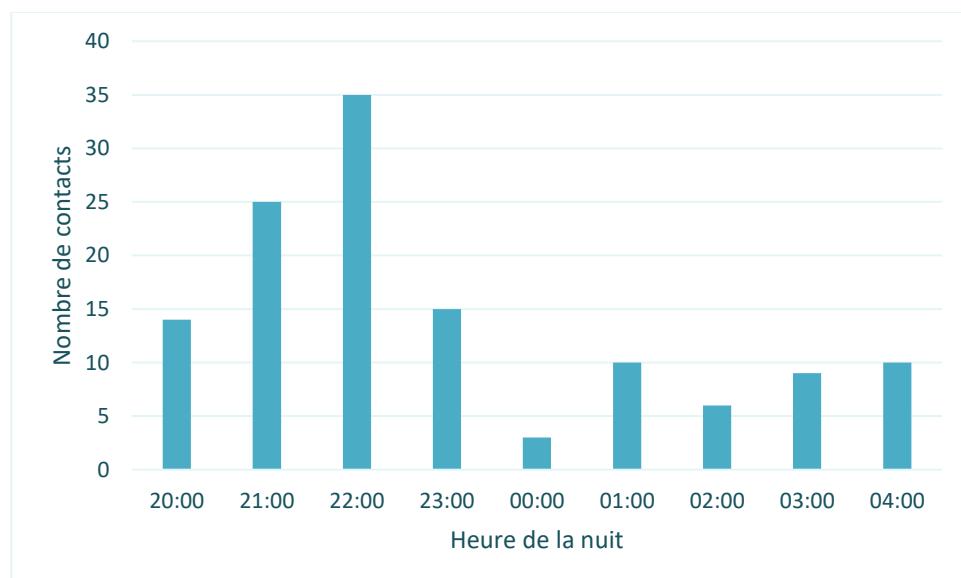


Figure 7 - Nombre de contacts enregistrés, par tranche horaire

#### VI.2.2.3 - Lien activité et conditions

##### ❖ Impact de la température sur l'activité des chiroptères

La température influence l'activité des chiroptères. Le graphique ci-dessous montre le lien entre celle-ci et l'activité des chiroptères pour le parc de Treffendel.

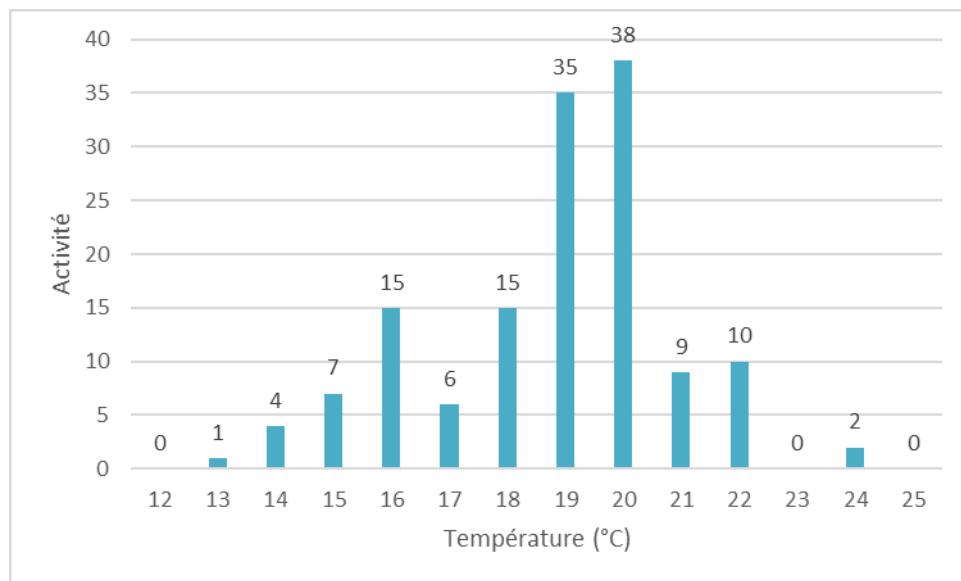


Figure 8 - Évolution de l'activité des chauves-souris en fonction de la température

Les chauves-souris sont présentes à hauteur de pales à partir de 13°C et leur activité augmente avec les températures pour avoir un optimum entre 19 et 20°C avant de diminuer à nouveau. Aucun contact de chiroptère n'a été enregistré au-delà de 24°C.

#### ❖ 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.

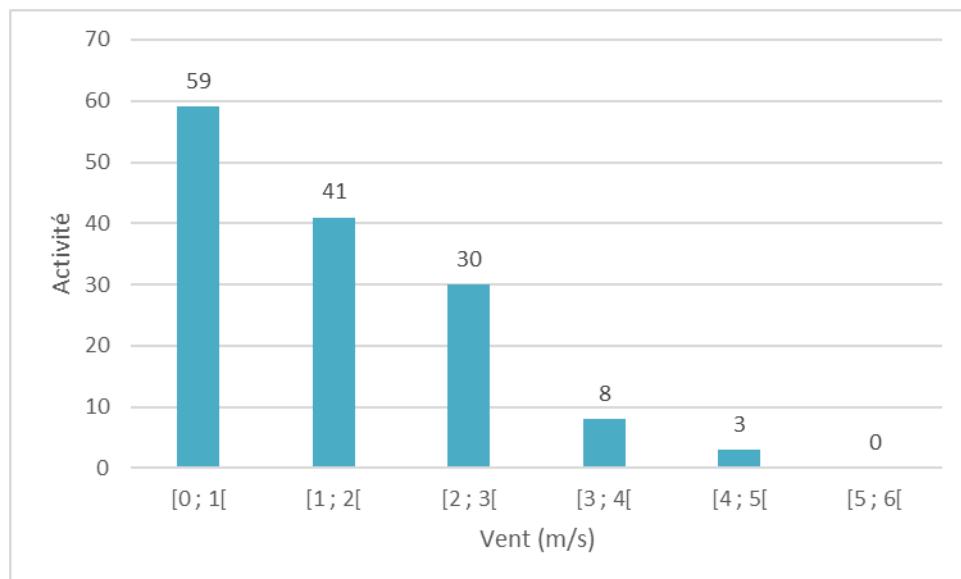


Figure 9 - Evolution de l'activité des chauves-souris au cours de la nuit en fonction de la vitesse du vent

Les chauves-souris sont ainsi présentes à hauteur de pales lorsque la vitesse du vent est comprise entre 0 et 5 m/s, avec une activité maximale entre 0 et 1 m/s. L'activité diminue presque de façon linéaire.

### ❖ Croisement des variables

Le paragraphe précédent montre qu'un vent  $>5\text{m/s}$  n'est pas associé à de l'activité de chiroptères. Il est donc possible d'ajuster la définition des séquences favorables (III.3.5.2 -) avec une limite à  $5\text{ m/s}$  au lieu de  $7\text{ m/s}$ .

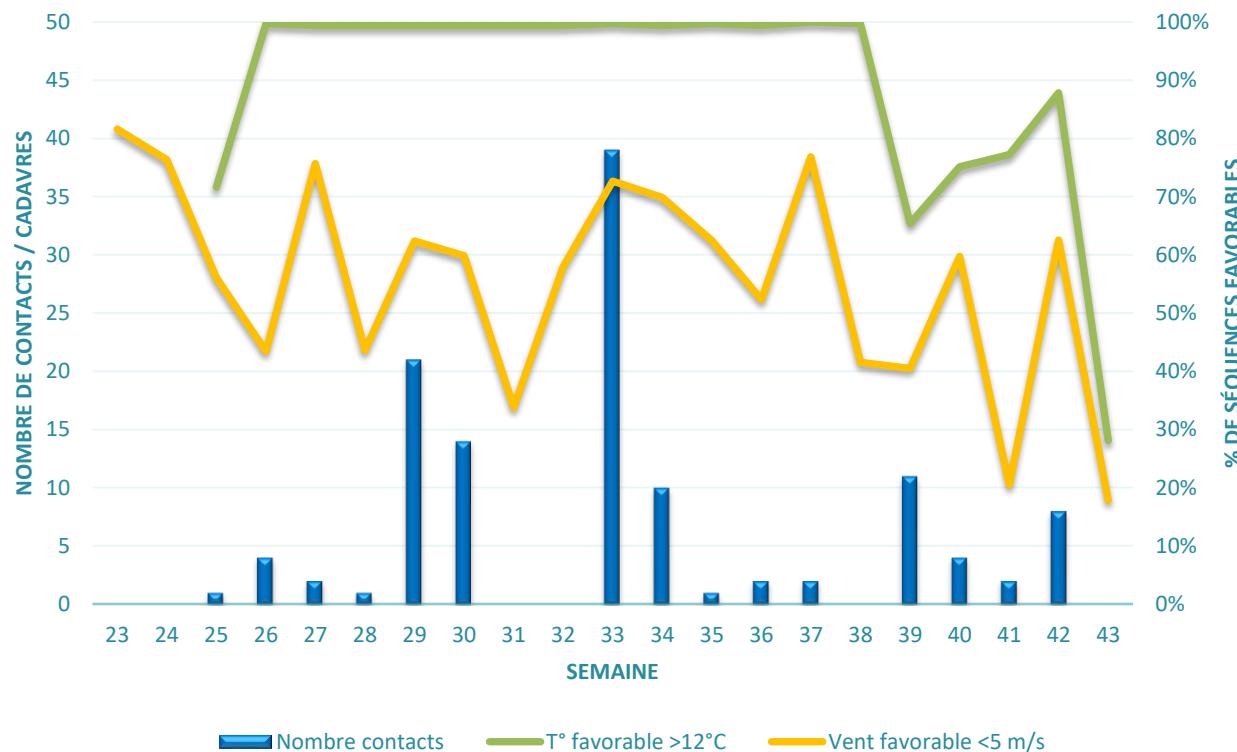


Figure 10 - Activité des chiroptères en fonction des températures et vitesses de vent favorables

La majorité des contacts enregistrés correspondent à des nuits où la température (plus de 65% des séquences à  $12^\circ\text{C}$  minimum) de même que la vitesse de vent (plus de 50% des séquences à vent  $< 5\text{ m/s}$  [voir III.3.5 - pour la définition des séquences et des indicateurs]) étaient favorables à l'activité des chiroptères (exemple le plus marqué en semaine 33, avec 100% des séquences de  $\text{T}^\circ$  et 73% des séquences de vent favorables pour 39 contacts).

A l'inverse, on constate que des semaines avec une majorité de séquences favorables peut être vierge d'activité de chiroptères (semaine 32, où 100% des séquences de  $\text{T}^\circ$  et 58% des séquences de vent étaient favorables). D'autres conditions, non relevées dans l'étude, dont probablement la disponibilité alimentaire, sont aussi déterminantes.

### VI.2.3 - 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.

**Niveau d'enjeu + niveau de sensibilité = niveau de vulnérabilité**

#### VI.2.3.1 - Définition des enjeux chiroptères

##### ❖ 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 : la liste rouge des mammifères de France métropolitaine (IUCN France & al., 2017), la liste rouge régionale des mammifères de Bretagne (BRETAGNE ENVIRONNEMENT GIP & al., 2015), l'inscription ou non de l'espèce en Annexe II de la « Directive Habitats » (92/43/CEE).

L'addition de ces trois statuts permet ainsi d'évaluer le niveau d'enjeux de l'espèce sur un certain territoire et la notation se fait de la manière suivante :

Tableau 20 - Calcul du niveau d'enjeu des chauves-souris

Statuts			Notation
LR France	LR régionale	Directive "Habitats"	
LC	LC		0
NT, DD	NT, DD	Annexe 2	0,5
VU, EN, CR	VU, EN, CR		1

**Liste rouge** : LC : préoccupation mineure ; NT : quasi menacée ; DD : données insuffisantes ; VU : vulnérable ; EN : en danger d'extinction ; CR : en danger critique d'extinction

Quatre niveaux d'enjeu sont alors possibles :

- ✓ Nul : 0
- ✓ Faible : 0,5
- ✓ Fort : 1
- ✓ Très fort : 1,5 à 2,5

##### ❖ Évaluation du niveau d'enjeu

Ce sont au total 5 espèces qui ont été inventoriées au niveau de l'éolienne 2. Toutes les espèces de chauves-souris en France sont protégées, mais elles n'ont pas toutes le même statut.

Tableau 21 - Statut de protection et de conservation des espèces inventoriées et leur niveau d'enjeux

Nom vernaculaire	Nom scientifique	LR Europe (2007)	LR France (2017)	LR Bretagne (2015)	Protection nationale	Directive habitat	Note d'enjeu	Niveau d'enjeu
Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	LC	VU	NT	Article 2	Annexe IV	1,5	Très fort
Pipistrelle de Natusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	LC	NT	NT	Article 2	Annexe IV	1	Fort
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	LC	NT	LC	Article 2	Annexe IV	0,5	Faible
Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	LC	LC	LC	Article 2	Annexe IV	0	Nul
Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>	LC	NT	LC	Article 2	Annexe IV	0,5	Faible

La noctule commune est classée comme vulnérable sur la liste nationale et est classées en enjeu « très fort ». La pipistrelle de Natusius est classée en enjeu « fort ». La pipistrelle de Natusius a cet enjeu, car elle est considérée comme quasi menacée sur les listes rouges nationales et régionales.

La pipistrelle commune et la sérotine commune ont un niveau d'enjeux faible au vu de leur statut « quasi menacée » sur la liste rouge nationale.

L'enjeu de la pipistrelle de Kuhl est quant à lui nul, celle-ci étant considérée en « préoccupation mineure » sur les listes rouges nationales et régionales.

#### VI.2.3.2 - Définition de la sensibilité chiroptères

##### ❖ Détermination du niveau de sensibilité

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 22 - Niveau de risque de collision avec les éoliennes selon les espèces

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

Source : EUROBATS, 2016

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

Tableau 23 - Calcul du niveau de sensibilité

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

❖ **Évaluation du niveau de sensibilité**

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

Tableau 24 - 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)	Sensibilité face à l'éolien
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Vol haut et bas	Non	Oui	Oui	Fort	<b>Forte (2)</b>
Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Vol haut et bas	Non	Oui	Oui	Fort	<b>Forte (2)</b>
Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	Vol haut et bas	Oui	Oui	Oui	Fort	<b>Forte (2)</b>
Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	Vol haut et bas	Oui	Oui	Oui	Fort	<b>Forte (2)</b>
Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>	Vol haut et bas	Non	Oui	Oui	Moyen	<b>Moyenne (1)</b>

Il ressort de ce tableau que 4 espèces ont une sensibilité forte à l'éolien. Il s'agit des trois espèces de pipistrelles recensées sur le site, ainsi que la noctule commune. La sérotine commune a, quant à elle, une sensibilité dite « moyenne ».

## VI.2.3.3 - Définition de la vulnérabilité chiroptères

❖ **Détermination du niveau de vulnérabilité**

C'est donc l'addition des notes obtenues avec le niveau d'enjeu et le niveau de sensibilité qui permet de définir le niveau de vulnérabilité potentiel des espèces.

Tableau 25 - Calcul du niveau de vulnérabilité

Niveau de vulnérabilité	Note enjeu + note sensibilité
Faible ou à préciser	0 et 0,5
Modéré	1 et 1,5
Assez fort	2 et 2,5
Fort	3 et +

❖ **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 26 - Vulnérabilité des espèces de chauves-souris

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Niveau d'enjeu	Niveau de sensibilité face à l'éolien	Niveau de vulnérabilité
Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	Très fort (1,5)	Fort (2)	Fort
Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	Fort (1)	Fort (2)	Fort
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Faible (0,5)	Fort (2)	Assez fort
Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Nul (0)	Fort (2)	Assez fort
Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>	Faible (0,5)	Moyen(1)	Modéré

Deux espèces sont classées en vulnérabilité forte : la pipistrelle de Nathusius et la noctule commune. Deux autres espèces sont quant à elles classées en vulnérabilité assez forte : la pipistrelle commune et la pipistrelle de Kuhl. Pour rappel, la pipistrelle commune a l'activité la plus importante sur l'AEI. C'est également la seule espèce retrouvée impactée lors des suivis mortalités. La sérotine commune présente un niveau de vulnérabilité modérée.

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

#### ❖ 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.

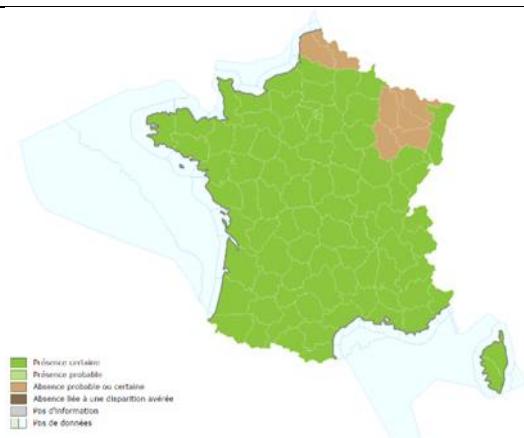
Pipistrelle commune – <i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Espèce de sensibilité forte
La pipistrelle commune est une espèce de petite taille qui fréquente tous les milieux. Elle se retrouve en pleine forêt comme en villes ou en zones cultivées. Elle gîte dans les bâtiments, les greniers, les fissures de murs, les cavités arboricoles et des 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 11 - Pipistrelle commune  
Source : Photo ALTHIS

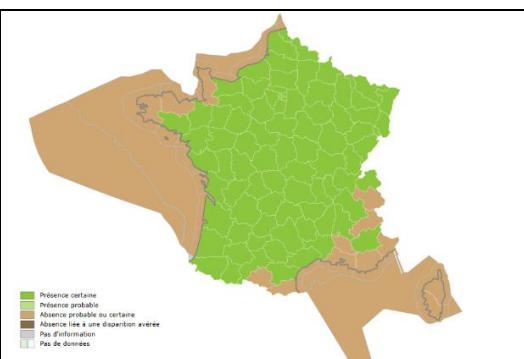


Figure 12 – Répartition pipistrelle commune  
Source : Carte INPN

Pipistrelle de Kuhl – <i>Pipistrellus kuhlii</i>	Espèce de sensibilité forte
<p>La pipistrelle de Kuhl est une chauve-souris de petite taille anthropophile. Elle se rencontre fréquemment dans les villes. Elle fréquente également les milieux agricoles, forestiers et une grande diversité d'autres habitats. Elle gîte en période estivale dans les bâtiments et très rarement dans les cavités arboricoles.</p>	
<p>En France, la pipistrelle de Kuhl est bien présente à l'exception de certains départements au Nord où elle reste anecdotique.</p>	
<p>En Bretagne, elle est également considérée comme peu commune.</p>	
	
<p>Figure 13 - Pipistrelle de Kuhl Source : Photo V. Verissimo</p>	<p>Figure 14 – Répartition pipistrelle de Kuhl Source : Carte INPN</p>

Pipistrelle de Nathusius – <i>Pipistrellus nathusii</i>	Espèce de sensibilité forte
<p>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.</p>	
<p>En France, l'espèce est plus présente sur les zones littorales qu'au centre.</p>	
<p>En Bretagne, elle est considérée comme rare ou très localisée.</p>	
	
<p>Figure 15 - Pipistrelle de Nathusius Source : Photo J.Wedd</p>	<p>Figure 16 – Répartition pipistrelle de Nathusius Source : Carte INPN</p>

Sérotine commune – <i>Eptesicus serotinus</i>	Espèce de sensibilité moyenne
La sérotine commune est une chauve-souris robuste qui fréquente une grande variété de milieux, allant de la ville aux milieux forestiers, de culture... Pour ses gîtes d'été, la sérotine commune s'installe de préférence dans les bâtiments et très rarement dans les cavités arboricoles.	
En France, la sérotine commune est présente sur l'ensemble du territoire, mais est plutôt considérée comme une espèce de basse altitude.	
En Bretagne, elle est considérée comme commune.	
	
Figure 17 – Sérotine commune Source : Photo Y. Ronchard	Figure 18 – Répartition sérotine commune Source : Carte INPN

Noctule commune – <i>Nyctalus noctula</i>	Espèce de sensibilité 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 19 – Noctule commune Source : Zooland	Figure 20 – Répartition noctule commune Source : INPN

### ❖ Vulnérabilité sur site

Afin d'appréhender au mieux la sensibilité sur le parc de Treffendel, la vulnérabilité de chaque espèce est ajustée en fonction de son activité dans l'aire d'étude (ici évaluée selon l'activité en nacelle), selon l'expertise des chiroptérologues.

#### Pipistrelle commune

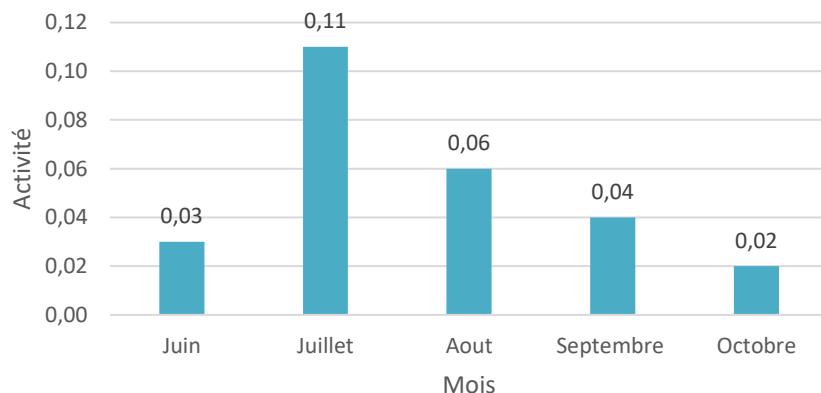


Figure 21 - Activité (en ct/h) de la pipistrelle commune au cours de la saison au niveau de l'éolienne 2

Espèce la plus présente et la plus active sur le site, la pipistrelle commune démontre une activité quasiment égale sur l'ensemble de la saison. Un léger pic est observé en juillet, mais à l'échelle du nombre de contacts, son activité reste très faible sur l'ensemble de la saison au niveau de l'éolienne 2..

À la vue de cette activité, et en prenant en compte le risque de collision important pour la pipistrelle commune, sa vulnérabilité pourrait donc être jugée faible sur le site. Cependant, en considérant le nombre important de cadavres de pipistrelle commune retrouvés sous les autres éoliennes du parc, **sa vulnérabilité au sein du parc éolien de Treffendel est jugée assez forte.**

#### Pipistrelle de Kuhl

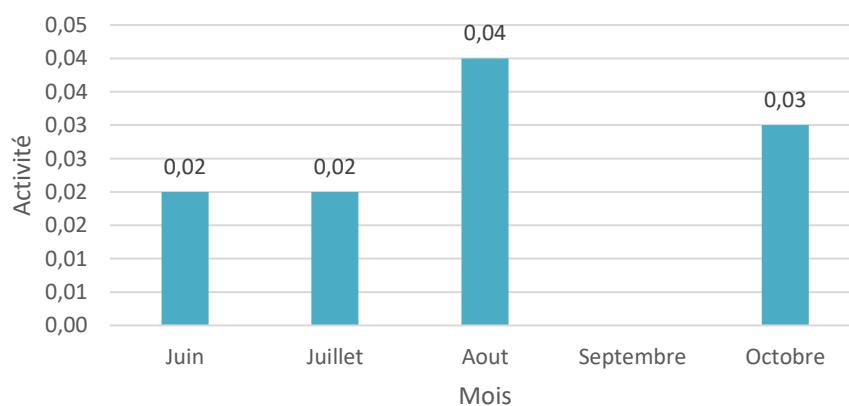


Figure 22 - Activité (en ct/h) de la pipistrelle de Kuhl au cours de la saison au niveau de l'éolienne 2

Présente sous l'éolienne 2 quasiment tout au long de la saison, son activité y est très faible.

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

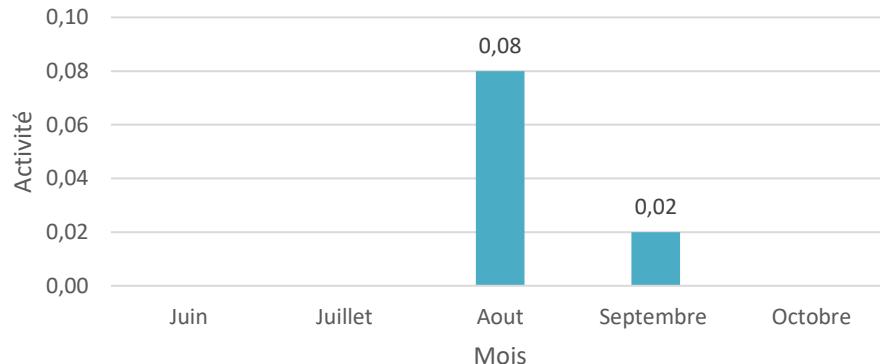
Pipistrelle de Natusius


Figure 23 - Activité (en ct/h) de la pipistrelle de Natusius au cours de la saison au niveau de l'éolienne 2

Contactée seulement en août et septembre, la pipistrelle de Natusius est anecdotique au niveau de l'éolienne 2. Bien que son activité y soit très faible, elle a été contactée sous cette dernière en période de migration. Cependant, aucun cadavre de pipistrelle de Natusius n'a été retrouvé.

À la vue de cette activité, et en prenant en compte le risque de collision important pour la pipistrelle de Natusius, **sa vulnérabilité sur le parc éolien de Treffendel est donc jugée faible**.

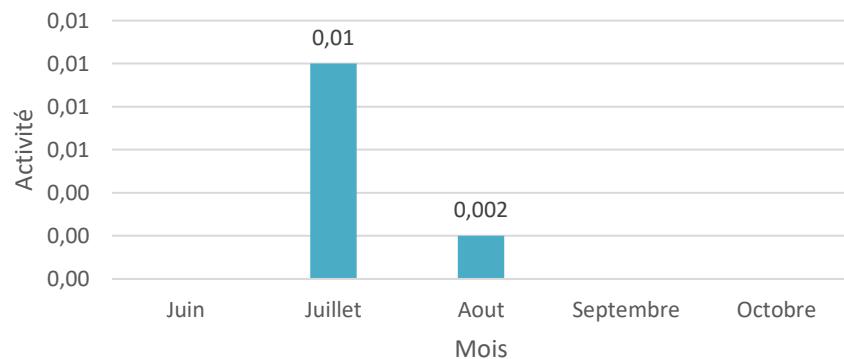
Sérotine commune


Figure 24 - Activité (en ct/h) de la sérotine commune au cours de la saison au niveau de l'éolienne 2

La sérotine commune n'a été contactée qu'en juillet et en août, avec une activité très faible en ne dépassant jamais 0,01 contact/heure.

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

### Noctule commune

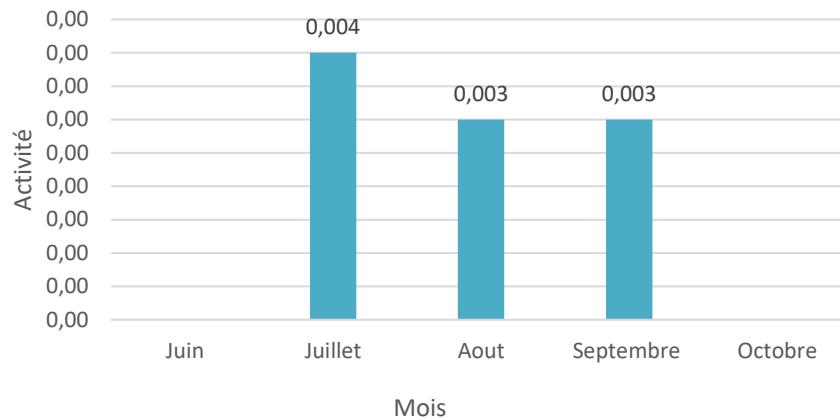


Figure 25 - Activité (en ct/h) de la noctule commune au cours de la saison au niveau de l'éolienne 2

La noctule commune a été contactée sur la période estivale et automnale, avec une activité très faible en ne dépassant jamais 0,004 contact / heure.

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

### VI.2.4 - Synthèse des enjeux et vulnérabilité

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

La pipistrelle commune est la plus contactée, aussi bien en termes d'activité que de saisonnalité. C'est également l'espèce la plus impactée en ce qui concerne la mortalité sur le parc. Cependant, les individus retrouvés ne concernent peu ou pas l'éolienne 2 et, en effet, l'activité au niveau de la nacelle de celle-ci est qualifiée de « très faible ».

Le Batcorder a été placé dans l'éolienne 2 pour sa proximité avec un boisement, habitat favorable à l'activité des chiroptères. Cette éolienne paraissait alors avoir le plus grand potentiel d'impact.

À la vue des résultats obtenus après les différents suivis en 2018, et dans l'éventualité où un nouveau suivi en nacelle était mis en place, il sera judicieux de placer l'enregistreur dans la nacelle de l'éolienne la plus mortifère cette fois-ci, c'est-à-dire l'éolienne 1.

Tableau 27 - Niveau de vulnérabilité des espèces sur le parc éolien de Treffendel

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Niveau de vulnérabilité	Niveau de vulnérabilité sur le site
Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	Fort	Faible
Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	Fort	Faible
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Assez fort	Assez fort
Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Assez fort	Faible
Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>	Modéré	Faible

## VII. Suivi de la mortalité

### VII.1 Méthodologie

#### VII.1.1 - Rappel de la commande

La commande de la société Quadrant établit que le suivi de la mortalité des oiseaux et des chiroptères devra être réalisé entre les semaines 20 à 43 (mi-mai à octobre), et que le bureau d'études devra réaliser au minimum 20 sorties (un passage par semaine). Le suivi concerne les 4 éoliennes que comporte le parc de Treffendel. L'offre d'ALTHIS comprend 21 sorties réalisées à partir de la semaine 22 (fin mai) jusqu'à la semaine 43 (fin octobre).

Le suivi du parc éolien de Treffendel se conforme au protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres, dans sa révision de 2018 (MTEs, 2018).

#### VII.1.2 - Protocole mis en œuvre

##### VII.1.2.1 - Suivi de mortalité

###### ❖ Fréquence de suivis

Les interventions ont été réalisées de début juin à fin octobre (semaine 23 à 43), soit 21 interventions au cours de l'année 2018.

Tableau 28 –Planning de réalisation du suivi de mortalité

Dates	Intervenants
07/06/2018	R.ARHURO
14/06/2018	A.MAZURIE-DESGARENNE
21/06/2018	R.ARHURO
28/06/2018	R.ARHURO
05/07/2018	A.MAZURIE-DESGARENNE
12/07/2018	A.MAZURIE-DESGARENNE
19/07/2018	A.MAZURIE-DESGARENNE
26/07/2018	R.ARHURO
01/08/2018	F.HEMAERY
08/08/2018	M.FEON
16/08/2018	A.MAZURIE-DESGARENNE
22/08/2018	R.ARHURO
29/08/2018	A.MAZURIE-DESGARENNE
05/09/2018	M.FEON
12/09/2018	A.MAZURIE-DESGARENNE
19/09/2018	F.HEMAERY
26/09/2018	R.ARHURO
03/10/2018	R.ARHURO
10/10/2018	F.MEREL
17/10/2018	M.FEON
24/10/2018	M.FEON

###### ❖ 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 de terrain s'effectuent à pied sous les 4 aérogénérateurs, au rythme d'un passage par semaine à intervalles réguliers (7 jours).

La surface à prospector correspond à un carré de 100 m\*100 m, 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 (CartoLander®) et d'un GPS. Chaque éolienne est entourée par un quadrat (périmètre de la surface à prospector). Celui-ci est ligné par des transects. 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.

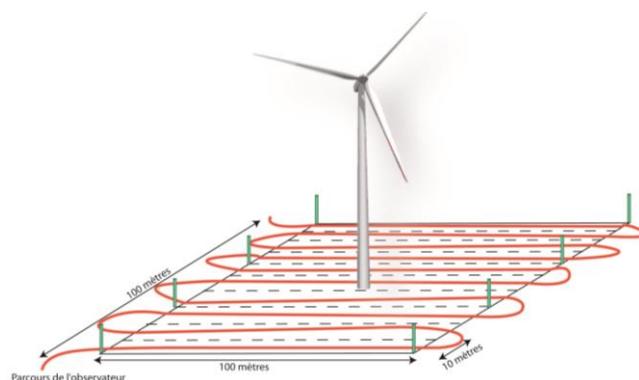


Figure 26 - Schéma de principe des recherches de terrain.

Source : LPO, 2004



Carte 7- Localisation des quadrats d'étude.



Carte 8 – Exemple de transect réalisé au pied de l'éolienne E1 du parc de Treffendel

Pour chaque journée 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, et au besoin, l'espèce localisée, une estimation de son âge, son état, etc.

Chaque quadrat prospecté est pris en photo (du sol). Chaque cadavre retrouvé est également pris en photo.

### VII.1.2.2 - Test de détection

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

Pour assurer le suivi, les nécessités du service amènent différents intervenants à participer à celui-ci. Le suivi de mortalité 2018 du parc de Treffendel a nécessité 5 intervenants. Il n'est pas possible en conséquence de mener *in situ* des tests de détection pour chaque intervenant sur le parc de Treffendel.

Néanmoins, chaque intervenant a participé à des tests de détection pour différents couverts végétaux, similaires à ceux présents dans cette étude (cf. III.3.3 -), portant sur 70 leurre. Il est donc possible de mettre en regard un coefficient de détectabilité pour chaque opérateur et chaque type de milieu.

### VII.1.2.3 - Test de persistance

Pour déterminer le coefficient de persistance, des cadavres de poussins sont disséminés et répartis au pied des quatre éoliennes du site. Les cadavres restants sont dénombrés le lendemain et lors d'une série de contrôles, courant jusqu'à disparition des cadavres ou à concurrence de 14 jours.

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, en cours de suivi, l'un en période 1 (P1), l'autre en période 2 (P2).

Tableau 29 –Planning de réalisation des tests de persistance

Dates	Intervenants	Interventions
14/06/2018	A.MAZURIE-DESGARENNE	Mise en place du test
15/06/2018	R.DESCOPIN	Contrôle
21/06/2018	R.ARHURO	Contrôle
24/10/2018	M.FEON	Mise en place du test
25/10/2018	R.ARHURO	Contrôle
29/10/2018	F.HERMERY	Contrôle
31/10/2018	M.FEON	Contrôle
6/11/2018	M.FEON	Contrôle

## VII.2 Résultats

### VII.2.1 - Occupation du sol au pied des éoliennes

Il y a 3 types de couverts principaux sur le sol des quadrats (voir Tableau 30 ci-dessous). Il s'agit de cultures, de prairies et de voiries (chemins d'exploitation et plateformes).

Les cultures (I1.1) sont prépondérantes avec 81 % de la surface totale des quadrats (3,23 ha sur 4). Les cultures comprennent différentes espèces selon les parcelles et la saison : blé, maïs et colza / couvre-sol. Les prairies (E2.61) viennent ensuite, représentant 6 % de la surface totale. Ces couverts fluctuent en hauteur au fil du suivi.

Enfin, les voiries et les zones rudérales composées par les plateformes des éoliennes (J2.32) représentent 14 % de la surface totale des quadrats. Ces couverts restent normalement constants (un tas de matériaux est resté 2 semaines sur la plateforme de l'aérogénérateur E2, il a été considéré que l'influence sur la détection était faible à nul, le type de couvert est donc resté le même).

Tableau 30 – Types d'habitats rencontrés et surfaces associées.

Typologie simplifiée des habitats	Surface (en ha)	Pourcentage
Cultures	3,23	80,7 %
Prairies	0,23	5,7 %
Voiries	0,54	13,6 %
<b>Total</b>	<b>4</b>	<b>100 %</b>

Ces couverts induisent 5 types de surface (cf. 0) sur site, pour le suivi de la mortalité :

- ✓ les voiries sont considérées comme des « surfaces planes »,
- ✓ les prairies sont en « végétation haute » ou « végétation basse » selon la période,
- ✓ les cultures sont soit « non prospectables », soit « surfaces planes », soit « végétation basse » ou « végétation haute », selon la culture et son développement.

Pour l'analyse des résultats, les différences entre les éoliennes sont peu significatives en type de couvert.

Les surfaces en prairies (au pied de E2) sont occupées par des prairies dites améliorées, dont la biodiversité est faible. Ces prairies et les cultures sont donc des milieux a priori peu favorables. Leur différence d'enjeu n'est pas suffisamment importante au vu des surfaces impliquées pour permettre d'individualiser les éoliennes.

Le couvert en fonction de l'avancement des cultures est lui plus significatif. Il se traduit surtout dans la prospection ou la non-prospection, et dans la détectabilité dans le premier cas.



Carte 9 - Occupation du sol dans les quadrats d'étude

## VII.2.2 - Surfaces prospectées

La surface globale prospectée a varié au cours de la période de prospection, en 2018. C'est au niveau de l'éolienne E2 que la surface prospectée est restée la plus constante (combinaison de prairie, de maïs et de blé).

En juin, un quart des surfaces sont couvertes par des cultures de blé, non prospectables (autour de E4 en particulier). Seules  $\frac{3}{4}$  des surfaces sont donc prospectées. Les autres cultures sont alors en cours de préparation ou de semis pour du maïs.

Dès la fin juin, le maïs est trop développé pour être prospecté (E1 et E3). Seules les surfaces en voirie et en herbe sont alors suivies (moins d'un hectare). Fin juillet, la moisson du blé ouvre de nouvelles surfaces à la prospection. Près de 2 hectares sont alors prospectables.

Mi-septembre, la coupe du maïs rend accessible le reste des surfaces. La totalité peut alors être prospectée. À la toute fin d'octobre, le développement d'une culture de couverture (colza ou autre chou), sur la partie en blé en début de saison, au pied de E2, réduit à nouveau la surface couverte.

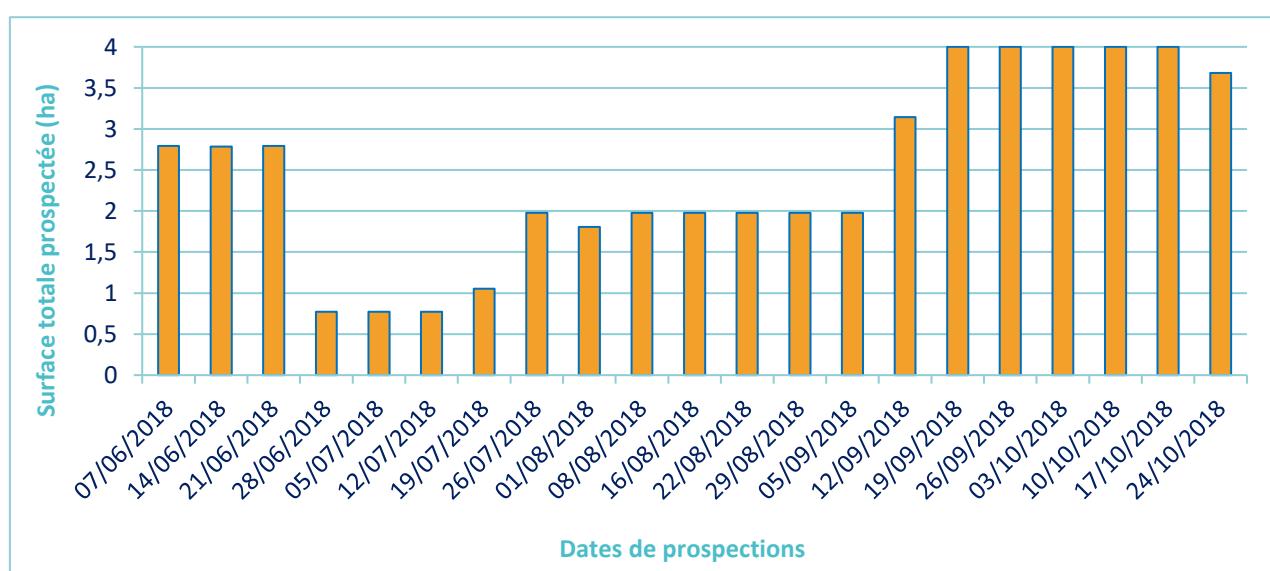


Figure 27 - Représentation de la surface prospectée en fonction des dates d'inventaires

La surface prospectée retenue pour les analyses est obtenue par moyenne des surfaces à chaque date concernée pour les éoliennes concernées.

Tableau 31 – Proportion moyenne prospectée

Période	Parc	E1	E2	E3	E4
P1	0,43	0,40	0,56	0,39	0,38
P2	0,82	0,66	0,88	0,73	1,00
<b>Suivi complet</b>	<b>0,62</b>	<b>0,51</b>	<b>0,72</b>	<b>0,54</b>	<b>0,70</b>

## VII.2.3 - Coefficients de correction

### VII.2.3.1 - Test de détection

Chaque intervenant du suivi de mortalité a participé à deux tests de détection. Ces tests permettent de définir le coefficient de détectabilité pour chaque intervenant et chaque type de couvert. Les tests ont concerné 70 leurre.

À l'issue des tests, les résultats obtenus ont permis de définir les coefficients de détectabilité suivants :

Tableau 32 – Coefficients de déetectabilité

Intervenant		surface plane	végétation basse	végétation haute
A.MAZURIE-DESGARENNE	AMD	0,9	0,4	0,2
R.ARHURO	RA	0,84	0,28	0,14
F. HEMERY	FH	0,85	0,28	0,14
M.FEON	MF	0,85	0,28	0,14
F.MEREL	FM	0,9	0,28	0,14

#### VII.2.3.2 - Test de persistance

Le test consiste à disperser, comme proies, des cadavres de 20 poussins au pied des éoliennes, dans la zone prospectée, et à suivre leur disparition progressive. Le premier test a été mené au pied des éoliennes le 14 juin ; le second le 24 octobre (les contrôles du test ont donc été au-delà de la fin du suivi).

Sur le second test, la présence d'un oiseau mort, lors de la dépose des poussins, a été intégrée au pool de test (soit 1 + 20).

Tableau 33 – Tests de persistance

Test	Date de passage	Nbre de proies restantes	Persistance (j)
Test 1 du 14 juin	14/06/2018	20	-
Test 1 du 14 juin	15/06/2018	5	0,5
Test 1 du 14 juin	21/06/2018	0	4
Test 2 du 24 octobre	24/10/2018	21	-
Test 2 du 24 octobre	25/10/2018	12	0,5
Test 2 du 24 octobre	29/10/2018	6	3
Test 2 du 24 octobre	31/10/2018	4	6
Test 2 du 24 octobre	06/11/2018	0	10

La persistance est plus faible en juin qu'en octobre.

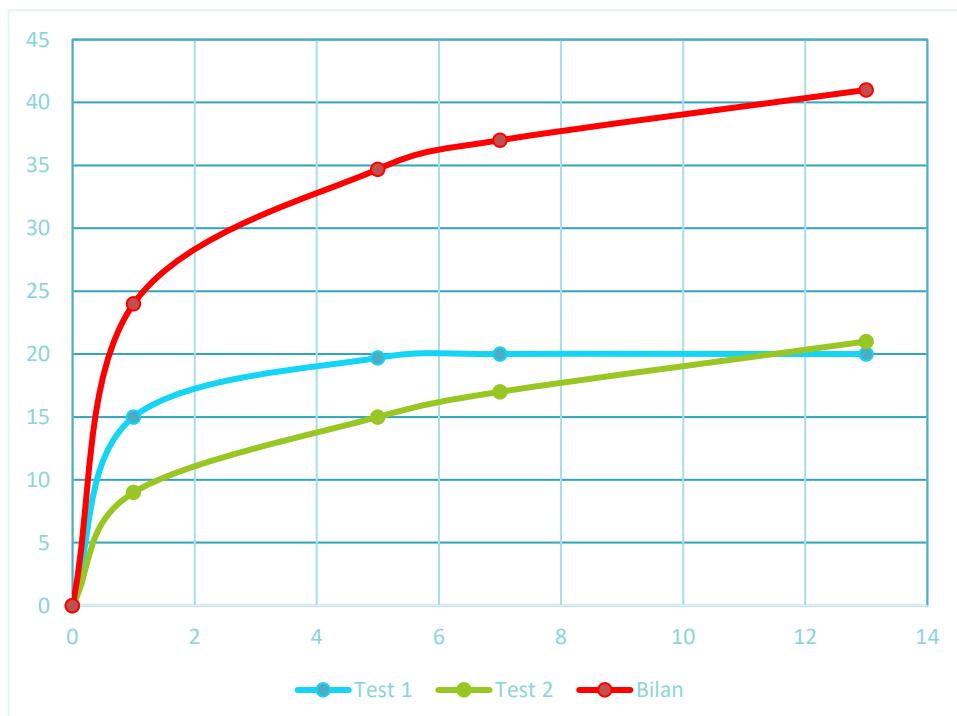


Figure 28 - Constats de la disparition des cadavres

La persistance est calculée en additionnant la période de présence et la demi-période courant entre la disparition et la dernière présence observée. Par exemple, une carcasse posée à T, contrôlée à T+1 et T+5, et disparue à T+7 aura une persistance de : T à T+5 + (T+5 à T+7)/2 = 5 + (7-5)/2 = 6 jours.

**Le taux de persistance global** (moyenne des persistances de chaque cadavre) **est de 2,5 jours** sur le parc éolien de Treffendel. Elle est de 1,4 jours au printemps et de 3,5 jours à l'automne.

Il est probable que les cadavres de poussins soient plus attractifs que les chiroptères. En effet, leur détection visuelle est plus facile (taille, couleur). La détection olfactive reste équivalente. Les charognards chassant à vue sont donc favorisés, ce qui peut induire un taux de préation un peu plus élevé.

#### **VII.2.4 - 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 associé 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. La moyenne de ces taux sur la durée du suivi sera prise en compte par éolienne et pour l'ensemble du parc.

Tableau 34 – Coefficients composites de détectabilité par prospection (exemple de E1)

Passage	Surface plane (ha)	Végétation basse (ha)	Végétation moyenne (ha)	Intervenant	Coefficient de détectabilité composite
7-juin	0,1419	0,8581	-	RA	0,36
14-juin	0,1419	0,8581	-	AMD	0,47
21-juin	0,1419	-	0,8581	RA	0,24
28-juin	0,1419	-	-	RA	0,84
5-juil.	0,1419	-	-	AMD	0,9
12-juil.	0,1419	-	-	AMD	0,9
19-juil.	0,1419	-	-	AMD	0,9
26-juil.	0,1419	-	-	RA	0,84
1-août	0,1419	-	-	FH	0,85
8-août	0,1419	-	-	MF	0,85
16-août	0,1419	-	-	AMD	0,9
22-août	0,1419	-	-	RA	0,84
29-août	0,1419	-	-	AMD	0,9
5-sept.	0,1419	-	-	MF	0,85
12-sept.	0,1419	-	-	AMD	0,9
19-sept.	1	-	-	FH	0,85
26-sept.	1	-	-	RA	0,84
3-oct.	1	-	-	RA	0,84
10-oct.	1	-	-	FM	0,9
17-oct.	1	-	-	MF	0,85
24-oct.	1	-	-	MF	0,85
<b>Moyennes</b>	<b>0,387</b>	<b>0,0817</b>	<b>0,0409</b>	<b>multiples</b>	<b>0,7938</b>

Le 7 juin, RA a prospecté 1419 m<sup>2</sup> avec un coefficient de détectabilité de 0,84 (cf. Tableau 32) et 8581 m<sup>2</sup> avec un coefficient de détectabilité de 0,28. Soit 1 ha avec un coefficient composite de 0,36 ( $0,14 \times 0,84 + 0,86 \times 0,28$ )

Sur l'éolienne E1, les observateurs auront en moyenne prospecté 0,39 ha avec une surface plane, 817 m<sup>2</sup> avec une végétation basse et 409 m<sup>2</sup> avec une végétation moyenne (et donc 0,49 ha non prospectés). Au vu des coefficients de détection de chaque observateur pour chaque type de couvert, le coefficient de détection composite moyen au cours du suivi est évalué pour la partie prospectée (soit 0,51 ha) à 0,79 (ou 79%).

Les tests de détection hors site ayant porté sur 70 leurres, le calcul d'un nombre de leurres théoriquement détecté dans chaque cas permet de fournir un chiffre au programme de calcul.

Détection théorique = 70 leurres x coefficient de détection composite

Tableau 35 – Nombre de détection théorique par éolienne

Coefficient de détection composite moyen	Détection théorique /70
E1	0,7938
E2	0,5415
E3	0,7926
E4	0,8657
<b>Moyenne parc</b>	<b>0,7484</b>
	<b>52</b>

### VII.2.5 - Données de mortalité constatée

Le parc éolien de Treffendel fait l'objet en 2018 d'un suivi de mortalité des chiroptères et des oiseaux.

Douze observations de mortalité ont été enregistrées, soit 11 chiroptères et 1 oiseau. Ce total se situe dans la moyenne haute des suivis de mortalité menés par ALTHIS.

Une observation de chiroptère en semaine 30 (barre claire, Figure 30) correspond à un des cas de la semaine 29, retrouvé, ce qui entraîne un double comptage. Le bilan corrigé est donc de **11 cas de mortalité enregistrés, dont 10 chiroptères**.

Pour les chiroptères, 2 taxons sont notés, mais il s'agit de taxons imbriqués : les pipistrelles indéterminées (*Pipistrellus sp.*) peuvent également correspondre à des pipistrelles communes (*Pipistrellus pipistrellus*). Trois cas de pipistrelles indéterminées le sont à l'égard de l'état des corps (dégradés, coupés). Vu qu'une seule espèce de pipistrelle a été déterminée, ces cas seront rapportés à celle-ci. L'analyse ne portera donc que sur la pipistrelle commune (*Pipistrellus pipistrellus*).

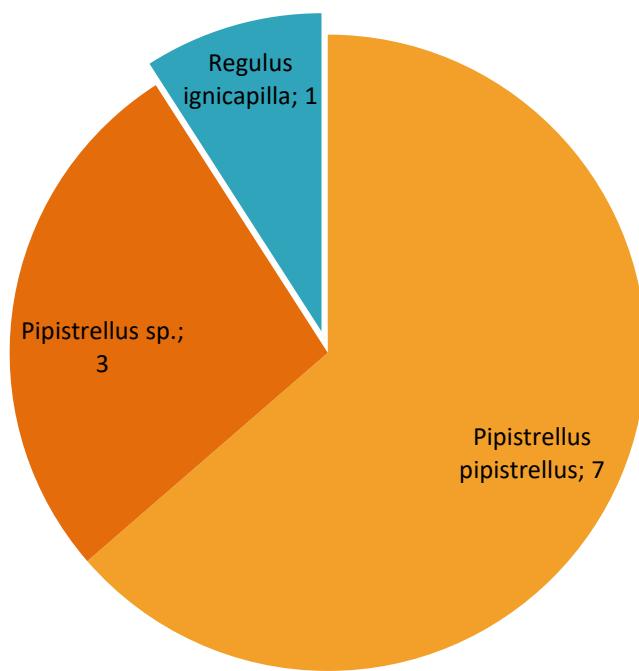
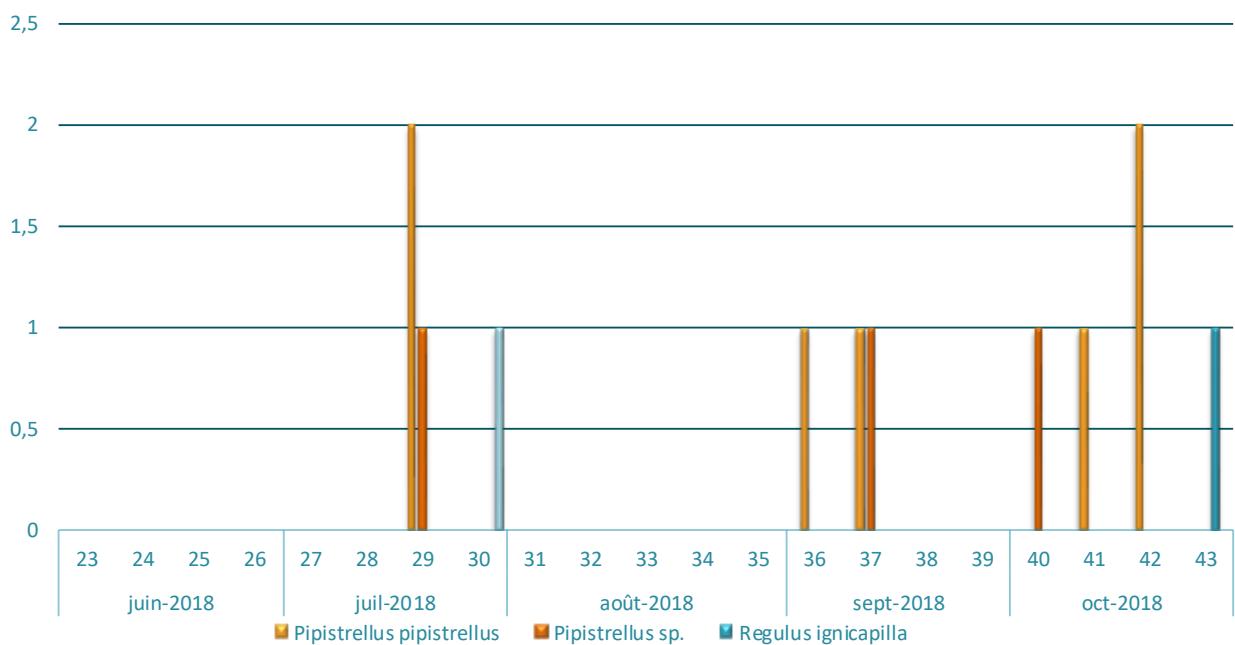


Figure 29 – Répartition des cas de mortalité, pour le parc



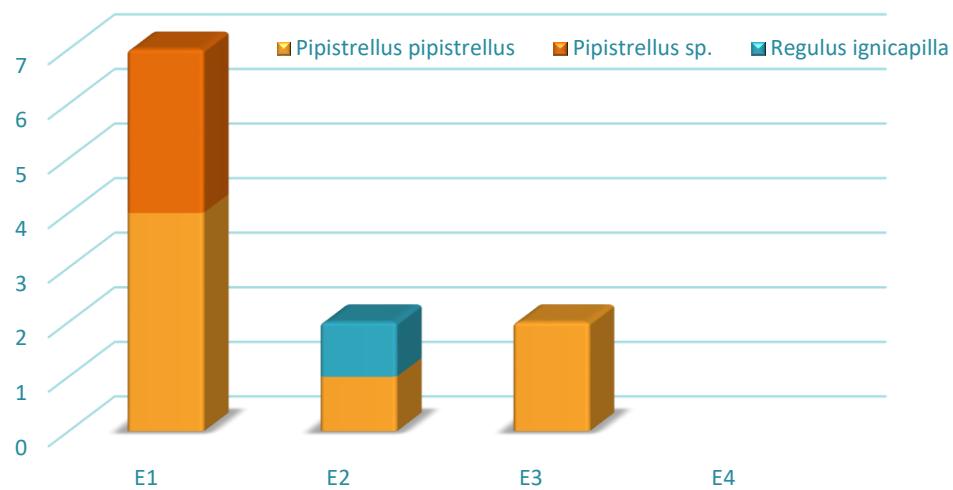


Figure 31 – Nombre de cas de mortalité, par espèce et éolienne

L'éolienne la plus mortifère (E1) montre une répartition temporelle avec un pic marqué en juillet et une période plus étalée en septembre-octobre. Les deux autres ne montrent de cas qu'en deuxième période, sans qu'on puisse écarter un pic non repéré à un autre moment.

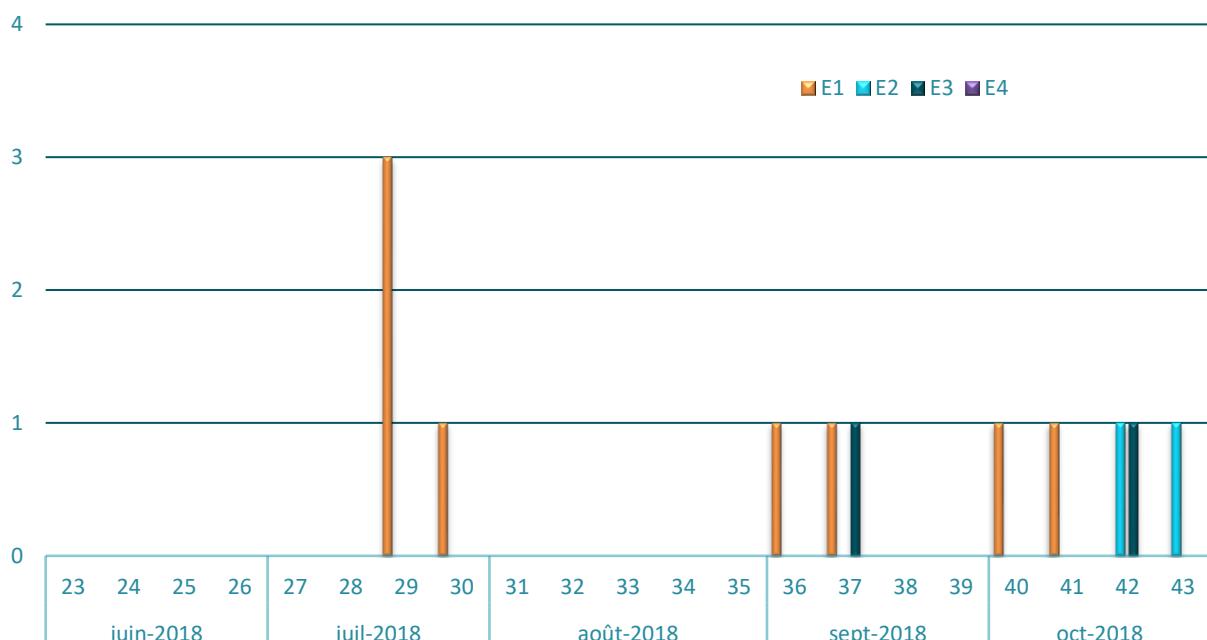


Figure 32 – Chronologie des observations de mortalité, par éolienne

## VII.2.6 - Évaluation de la mortalité réelle

Rappel : les calculs sont effectués via une application, alimentée par les données suivantes :

- ✓ Nombre de cadavres trouvés par sortie (VII.2.5 - p. 69),
- ✓ Persistance de chaque carcasse posée en test (VII.2.3.2 - p. 67),
- ✓ Intervalle entre les suivis, soit 7 jours (VII.1.2.1 - p. 59),
- ✓ Nombre de leurres posées en test, soit 70, et nombre retrouvé (VII.2.4 - p. 68),
- ✓ Pourcentage de surface prospectée (VII.2.2 - p. 66).

### VII.2.6.1 - Évaluation pour le parc entier

La mortalité a été estimée pour le parc entier sur l'ensemble de la période (chiroptères et avifaune), et (chiroptères seulement) sur les 10 premières (P1) et 10 dernières semaines (P2). Il ne s'agit pas de l'année entière, car si les périodes peu favorables à la fréquentation par les chiroptères, non couvertes, sont a priori nettement moins accidentogènes, des cas de mortalités restent possibles.

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. Les ordres de grandeur sont approchés par moyenne des 3 modèles (même si ce n'est mathématiquement pas pertinent).

Tableau 36 – Estimations de la mortalité réelle des chiroptères, parc entier

Période	Parc entier	Médiane	IC 2,5	IC 97,5	IC 10	IC 90
Période complète (10 cadavres)	Erickson	<b>60,31</b>	18,27	131,51	30,52	101,97
	Huso	<b>64,48</b>	20,06	137,5	33,03	107,02
	Jones	<b>88,5</b>	26,12	236,87	43,62	163,37
10 premières semaines (3 cadavres)	Erickson	<b>50,57</b>	0	204,68	0	135,64
	Huso	<b>54,19</b>	0	316,45	0	173,35
	Jones	<b>100,68</b>	0	804,47	0	473,85
10 dernières semaines (7 cadavres)	Erickson	<b>21,55</b>	6,96	47,24	11,33	36,17
	Huso	<b>25,17</b>	8,4	50,54	13,68	40,18
	Jones	<b>29,76</b>	9,7	71	15,75	51,29

**Pour le parc entier, la mortalité réelle estimée pour les chiroptères est de l'ordre de 71 chauves-souris sur la saison de suivi, avec un chiffre réel très probablement entre 36 et 124 individus.**

Alors que la mortalité enregistrée est plus élevée sur les 10 dernières semaines que sur les 10 premières, l'évaluation statistique montre un résultat plutôt à l'opposé. En P1, la mortalité réelle supposée est évaluée à environ 68 chauves-souris ; alors qu'en P2, elle est évaluée à 25 (non cumulable, cf. III.2.3 - p. 17).

On constate cependant qu'en P2, la fourchette de mortalité va de 14 à 43, alors qu'en P1, elle va de 0 à 260. L'incertitude est donc largement supérieure pour P1 que pour P2. Ceci est lié en particulier à l'évolution des surfaces prospectées (43% en P1 et 82% en P2), et la prédatation, considérée comme plus forte en P1 qu'en P2.

Tableau 37 – Estimations de la mortalité réelle de l'avifaune, parc entier

Période complète	Médiane	IC 2,5	IC 97,5	IC 10	IC 90
Erickson	<b>5,8</b>	0	22,56	0	15,35
Huso	<b>6,24</b>	0	23,64	0	16,2
Jones	<b>8,29</b>	0	37,18	0	23,89

**Pour l'avifaune, avec 1 cas constaté, la mortalité réelle estimée est de l'ordre de 7 oiseaux sur la saison de suivi, avec un chiffre réel très probablement entre 1 et 18.**

#### VII.2.6.2 - Évaluation par éolienne

La mortalité enregistrée au pied de l'éolienne E4 étant nulle, il n'est pas possible d'utiliser un estimateur. L'éolienne E1, qui concentre les cas de mortalité enregistrés, est traitée plus en détail après les résultats pour les éoliennes E2 et E3.

Tableau 38 – Estimations de la mortalité réelle des chiroptères, E2 et E3

Éolienne	Période complète	Médiane	IC 2,5	IC 97,5	IC 10	IC 90
E2 (1 cadavre)	Erickson	<b>13,7</b>	0	40,52	0	29,31
	Huso	<b>14,7</b>	0	42,64	0	30,99
	Jones	<b>20,06</b>	0	69,6	0	45,97
E3 (2 cadavres)	Erickson	<b>12,58</b>	0	36,88	0	26,84
	Huso	<b>13,55</b>	0	38,6	0	28,31
	Jones	<b>18,41</b>	0	62,71	0	42,2

**Pour E2, la mortalité réelle estimée est de l'ordre de 16 chauves-souris et de 16 oiseaux sur la saison de suivi.** Le chiffre réel est très probablement entre 1 et 35 chauves-souris et autant pour les oiseaux (avec 1 cas enregistrés pour un même contexte pour chaque groupe).

**Pour E3, la mortalité réelle estimée est de l'ordre de 15 chiroptères sur la saison de suivi,** avec un chiffre réel très probablement entre 2 et 32, pour 2 cas détectés.

Pour E1, la mortalité a été évaluée comme le parc entier : sur la totalité du suivi, et sur les 2 périodes de début et de fin (P1 et P2).

Tableau 39 – Estimations de la mortalité réelle des chiroptères, E1

Période	Éolienne E1	Médiane	IC 2,5	IC 97,5	IC 10	IC 90
Période complète (7 cadavres)	Erickson	<b>46,34</b>	11,52	111,2	20,7	84,24
	Huso	<b>49,66</b>	12,65	116,22	22,4	88,55
	Jones	<b>68,19</b>	16,19	191,5	29,84	132,73
10 premières semaines (3 cadavres)	Erickson	<b>48,64</b>	0	195,74	0	129,19
	Huso	<b>52,06</b>	0	305,42	0	169,49
	Jones	<b>95,11</b>	0	844,99	0	448,36
10 dernières semaines (4 cadavres)	Erickson	<b>14,06</b>	3,46	30,86	6,86	23,73
	Huso	<b>16,47</b>	4,07	33,37	8,09	26,5
	Jones	<b>19,48</b>	4,74	45,55	9,44	33,51

**Pour l'éolienne E1, la mortalité réelle estimée pour les chiroptères est de l'ordre de 55 chauves-souris sur la saison de suivi, avec un chiffre réel très probablement entre 24 et 102 individus.**

Là encore, on retrouve les remarques faites sur le parc pour E1 aux deux périodes : mortalité plus élevée en P1, mais avec une grande incertitude. En P1, la mortalité réelle supposée est évaluée à 65 chauves-souris ; alors qu'en P2, elle est évaluée à 17. L'incertitude est aussi liée à l'évolution des surfaces prospectées (40% en P1 et 66% en P2) et à la variation de la prédation.

#### VII.2.6.3 - Bilan de la mortalité

Les chiffres principaux de mortalité estimée peuvent être mis en regard des chiffres de mortalité constatée. L'éolienne E4 seule n'est pas reprise, n'ayant ni cas, ni estimation.

Tableau 40 – Bilan de la mortalité réelle constatée et réelle estimée

Groupe	Parc		E1		E2		E3	
	constaté	estimé	constaté	estimé	constaté	estimé	constaté	estimé
Chiroptères	10	71	7	55	1	16	2	15
Avifaune	1	7	0	-	1	16	0	-

A noter le décalage entre l'estimation avifaune pour le parc et l'éolienne E2. Le fait de n'avoir rien eu sous les autres éoliennes diminue la probabilité de mortalité sur le parc, tandis que les conditions spécifiques de l'éolienne E2 conduisent à une mortalité estimée plus importante. La mortalité de l'avifaune a donc moins de chance d'être inférieure à 7 que ne le laisse supposer le

Tableau 37.

Les chiffres de mortalité pour les chiroptères par grandes périodes montrent un décalage entre le constat et l'estimation. Le début de suivi serait plus mortifère que la fin, mais l'incertitude y est plus forte.

Tableau 41 – Bilan de la mortalité réelle constatée et réelle estimée

Chiroptères	Parc		E1	
	constaté	estimé	constaté	estimé
Période 1	3	68	3	65
Période 2	7	25	4	17

### VII.2.1 - Données disponibles pour l'analyse

#### VII.2.1.1 - Vents et activité des éoliennes

Comme l'éolienne E1 est la plus impactante, elle sert de référence pour caractériser l'activité des éoliennes et le vent au fil du suivi. Les données fournies par Quadrant sont utilisées, avec un relevé de vent (vitesses et orientation) et d'activité de l'éolienne toutes les dix minutes (entre 19h et 9h).

Les horaires de coucher et de lever de soleil sur Treffendel ont été pris en compte chaque jour pour définir les 5 périodes (cf. III.3.5.1 -). La durée de période « journée » et de la nuit sont en conséquence variables, selon l'avancement des saisons.

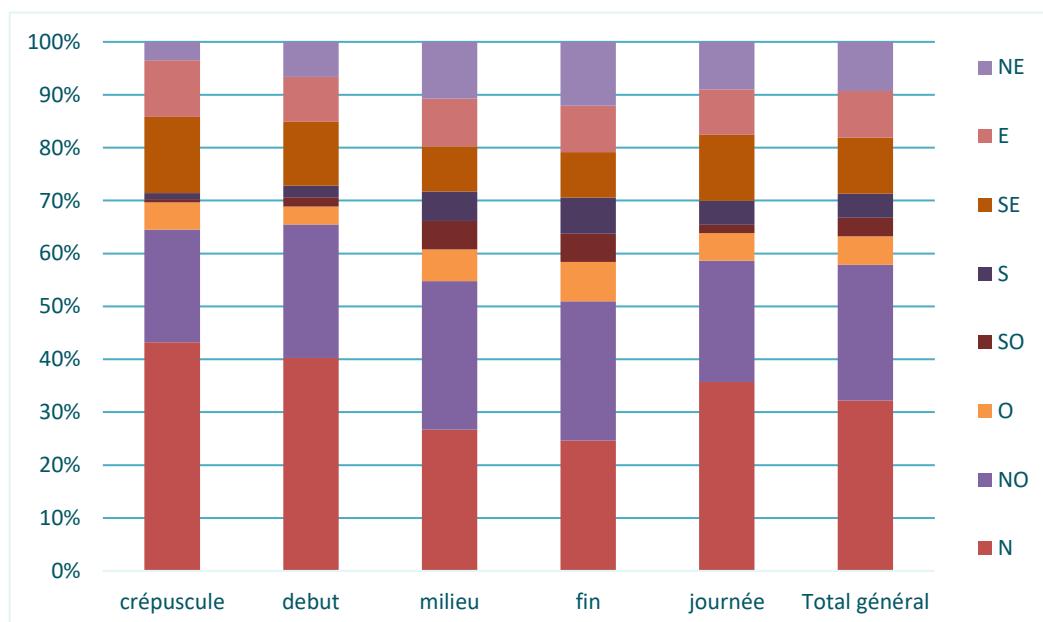


Figure 33 – Orientation du vent en fonction du moment de la nuit ou en période « journée ».

On constate que, sur la période du suivi, le vent dominant est un vent de nord (au sens large comme réduit). Le vent de nord est particulièrement marqué au crépuscule et en début de nuit.

Pour chaque première partie de nuit (crépuscule + début), qui comprend 70% de l'activité des chiroptères, il a été déterminé la vitesse maximale du vent moyen enregistré (il n'a pas été retenu le vent maximal, trop variable et moins significatif), ainsi que le maximum de l'activité des éoliennes (intensité de 1 à 10), sur la base de la vitesse de rotation des pales.

Pour identifier les ruptures dans les répartitions des nuits (vitesse du vent et activité), les valeurs correspondantes ont été classifiées en un histogramme automatique (Figure 34 et Figure 35).

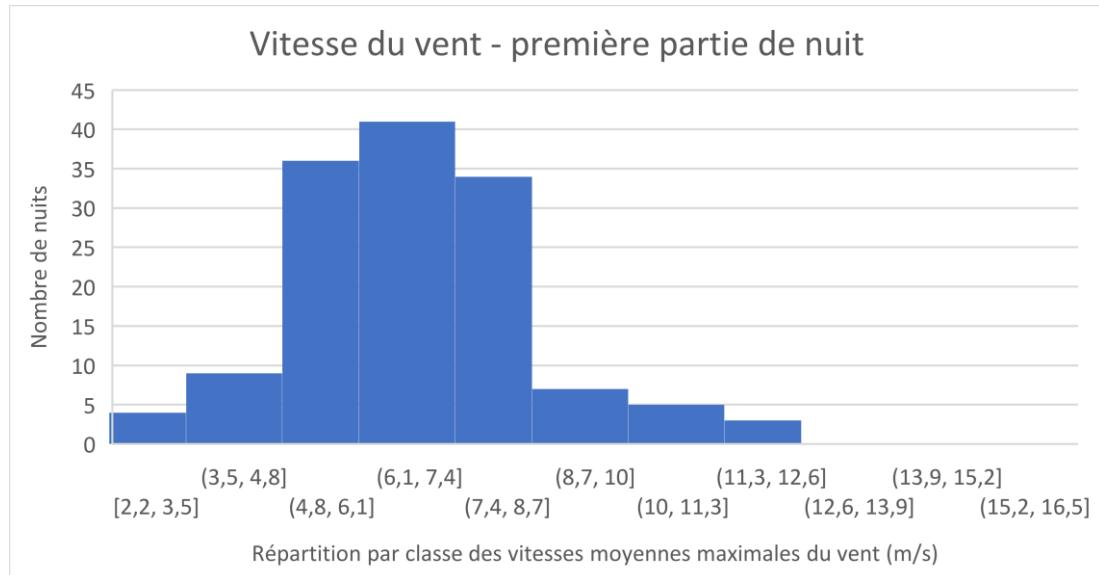


Figure 34 – Vitesse moyenne maximale du vent (m/s) en première partie de nuit.

Sur la période de suivi, en première partie de nuit, le vent a rarement été fort. Il n'a dépassé les 15m/s de vitesse moyenne maximale une seule nuit (le 6 juin, avec 15,9 m/s). La moyenne s'établit à 6,95 m/s.

La vitesse de vent retenue comme limite théorique d'activité des chiroptères est de 7 m/s. La limite mesurée sur le site est de 5 m/s, lors du suivi en nacelle. L'observation des vitesses moyennes maximales du vent en première partie de nuit montre qu'un vent inférieur à 5 m/s (en limite approchée : 4,8 m/s) est constaté pour 13 nuits, alors qu'un vent inférieur à 7 m/s (en limite approchée : 7,4 m/s) est noté pour 86 nuits sur 136. Un vent de 5 m/s est aussi en rupture de classes, confirmant l'intérêt de la limite mesurée en nacelle.

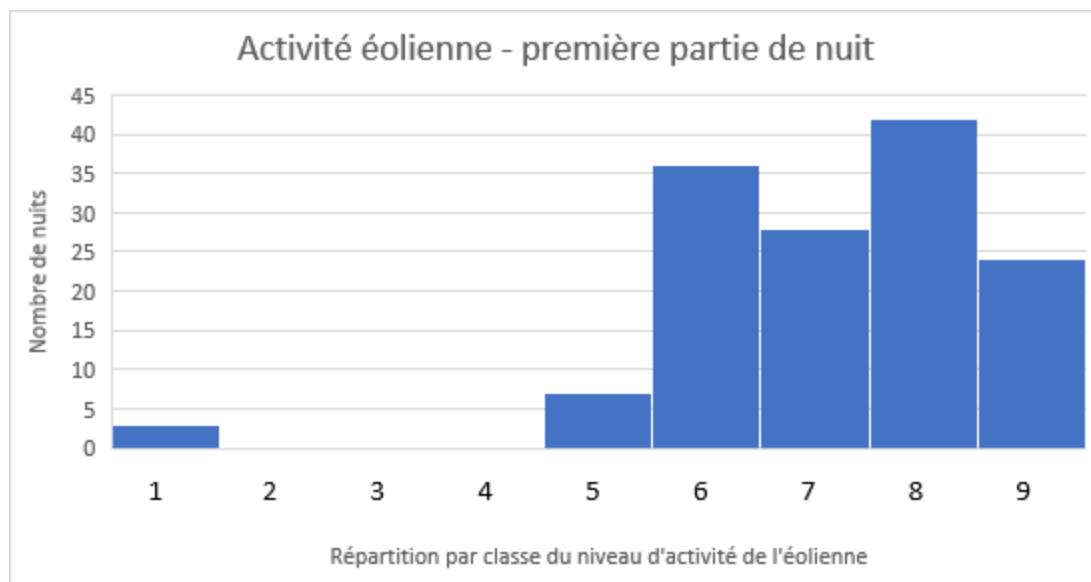


Figure 35 – Niveau d'activité de l'éolienne E1 en première partie de nuit

Le niveau d'activité des éoliennes est établi en fonction de la vitesse de rotation des éoliennes. Dans sa plage de fonctionnement, une éolienne est forcément en rotation suffisante pour présenter un danger. La vitesse en tant que telle ne présente ici que peu d'importance : Un palier bien visible est apparent au niveau 5, qui correspond au début de fonctionnement effectif de l'éolienne, soit une rotation de 8

tours/minute. 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.

Sur la même période d'étude, les éoliennes ont eu un niveau d'activité important (Figure 35), avec seulement 3 nuits sans réelle activité. Cependant les éoliennes ont vite un niveau d'activité marqué (donc une vitesse de rotation conséquente) : il n'y a pas de relation linéaire entre vitesse du vent et activité de l'éolienne.

#### VII.2.1.2 - Adaptation des indicateurs

##### ❖ **Vent favorable à l'activité des chiroptères**

Il est pris comme référence 5 m/s comme vitesse de vent limite pour les chauves-souris, ainsi que le met en évidence le suivi en nacelle. Les 3 mesures de vent (minimal, moyen et maximal) sont intégrées dans un même indicateur selon le Tableau 42 suivant.

Tableau 42 – Conditions de vol des chiroptères en fonction du vent

<b>Mesures du vent</b>	<b>Conditions de vol</b>	<b>forme simplifiée</b>
Vent moyen (< 5 m/s)	Vent max. (< 5 m/s)	Très favorable
	Vent max. (> 5 m/s)	Favorable
Vent moyen (> 5 m/s)	Vent min. (< 5 m/s)	Peu favorable
	Vent min. (> 5 m/s)	Défavorable

❖ **Température favorable à l'activité des chiroptères**

Pas de modification de la référence à 12°C comme température seuil pour l'activité des chiroptères. Cette température est confirmée par les données du suivi en nacelle.

Tableau 43 – Température et activité des chiroptères

Mesure de température	Activité
Température > 12°C	Favorable
Température < 12°C	Défavorable

❖ **Danger associé au fonctionnement éolien**

Pour ce modèle d'éolienne, il a été retenu une vitesse seuil de 8 tours/minute en fonction des données de fonctionnement (partie VII.2.1.1.). L'indicateur fonctionne selon les consignes du Tableau 44 suivant, avec les 3 mesures de l'activité (minimale, moyenne, maximale).

Tableau 44 – Danger en fonction du fonctionnement des éoliennes

Vitesse de rotation	Danger	forme simplifiée
Moyenne (< 8 tr/min)	Maximale (< 8 tr/min)	Très faible
	Maximale (> 8 tr/min)	Peu élevé
Moyenne (> 8 tr/min)	Minimale (< 8 tr/min)	Élevé
	Minimale (> 8 tr/min)	Très élevé

## VIII. Analyse

### VIII.1 Suivi de la mortalité

#### VIII.1.1 - Répartition par éolienne des cas de mortalité

Une éolienne, E1, concentre les cas de mortalité des chiroptères. L'occupation des sols à proximité ne diffère pas significativement de celle des autres aérogénérateurs. Les cultures l'entourent. La limite de parcelle la plus proche est matérialisée partiellement par une haie, interrompue au droit de l'éolienne. Les extrémités de haie sont alors à 75 et 85 mètres de l'éolienne.

Tableau 45 – Distances des éoliennes aux reliefs paysagers

Éolienne	Éléments de relief paysager le plus proche	Distance minimale	Mortalité constatée
E1	Haie	75 m	7
E2	Bois	50 m	3
E3	Arbre isolé, avec petite haie buissonnante	82 m	2
E4	Haie	63 m	0

On constate qu'il n'y a pas de différence importante dans la proximité avec les éléments paysagers favorables aux vertébrés volants. L'emplacement de E1 est même moins bien situé, dans la matrice paysagère, que E2 ou E4.

Si l'on observe à plus petite échelle (cf. carte 4), on constate le long du talweg, occupé par un ruisseau, une continuité boisée qui amène, au sud, les chiroptères à proximité du parc. Leur dispersion ensuite est peu prévisible, mais un déplacement vers le sud peut passer à proximité de E1.

Cette hypothèse est cohérente avec le contexte, en particulier la rupture de continuité de la haie au nord de E1. Cette rupture sur plus de 100 mètres peut favoriser des trajectoires plus risquées, s'appuyant éventuellement sur la culture de maïs.

L'éolienne E2 présente le plus de variété d'habitats, dans le quadrat (cultures de blé/couvert et de maïs, prairie - même si l'écart de valeur est faible) et à sa proximité immédiate (boisement). Hormis le boisement, les habitats restent de faible valeur écologique, ce qui peut expliquer une mortalité moyenne pour le site. Si le boisement peut être un territoire de chasse, son accès se ferait soit de la haie au sud, soit du corridor au nord-est. Le transit serait alors plus faible près de E2 que de E1, le risque n'y serait pas plus élevé.

L'aérogénérateur E3 a fait l'objet du même nombre d'observations de mortalité que E2, avec un contexte plus défavorable.

L'influence du type de culture sur la mortalité peut s'ajouter au contexte spatial. En effet, la seule éolienne sans mortalité (E4) présentait une différence significative, avec l'ensemble des cultures en blé, puis coupé sans culture de couvre-sol. Par ailleurs E2 présentait une large partie des cultures en blé (mais après les moissons, avec la mise en place d'un couvre-sol), dans un contexte plus varié.

Si l'on considère que E4 ne présente pas de mortalité, et que E2 paraît avoir une mortalité assez faible au vu du contexte, il est possible d'estimer que la culture de blé diminue le risque de mortalité. Cette hypothèse serait alors en lien avec l'intensité des traitements en biocides, la phénologie de la culture de

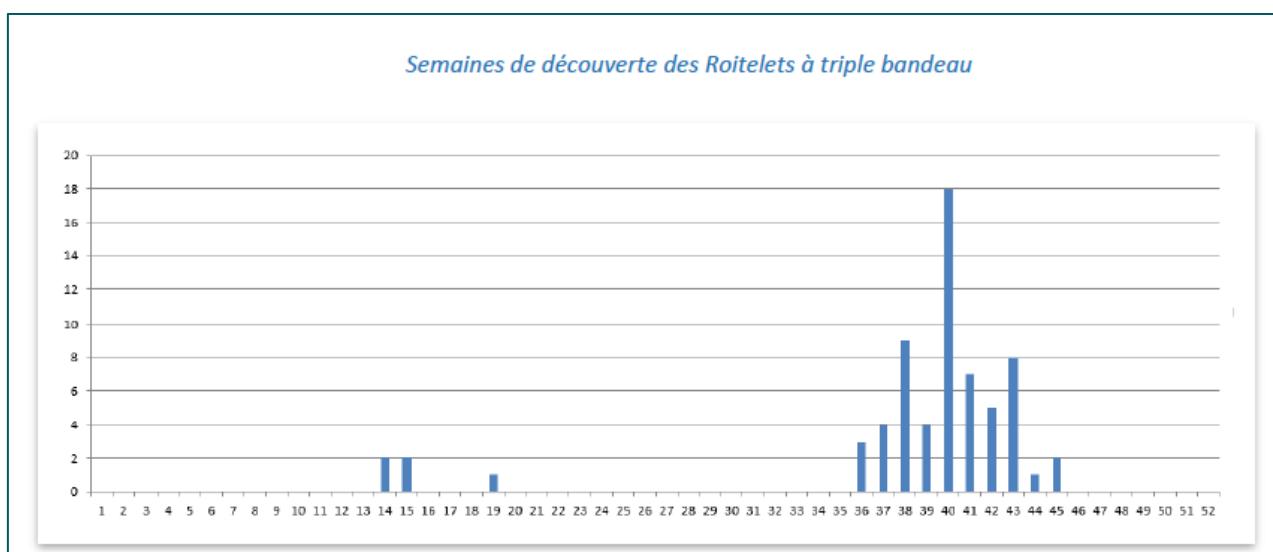
blé (en maturation en début de suivi), puis au sol nu ou peu couvert pendant la suite. Aucun élément ne permet de le confirmer.

### VIII.1.2 - Espèces retrouvées

#### VIII.1.2.1 - Avifaune

Le seul oiseau impacté retrouvé est un roitelet triple-bandeau (*Regulus ignicapilla*). Au vu de la période concernée (semaine 43, octobre 2018), il s'agit très probablement d'un oiseau migrateur.

Selon la compilation des suivis de mortalité de la LPO (MARX, 2017), le roitelet triple-bandeau est l'espèce d'oiseau la plus impactée numériquement, avec 117 cas recensés avant 2016. Ces cas se partagent sur une trentaine des 142 parcs pris en compte dans cette étude. Tous les cas se placent en période de migration, principalement automnale.



Source : Marx G., 2017

Figure 36 – Chronologie des découvertes de roitelet à triple bandeau.

Le cas relevé sur le parc se place donc dans une situation standard, en termes d'espèce et de période. En l'absence d'autres cas constatés, il n'est pas possible d'analyser une quelconque variation de la mortalité sur le parc par rapport aux observations plus générales.

#### ❖ Sensibilité

La très grande sensibilité du roitelet triple-bandeau, et en moindre mesure le roitelet huppé, en période de migration postnuptiale s'explique en partie par l'hétérogénéité des milieux qu'ils fréquentent lors de leur déplacement. Ils s'exposent ainsi à des dangers différents de ceux qu'ils connaissent sur leur site d'hivernage ou de reproduction. De plus, la migration postnuptiale comprend tous les jeunes oiseaux nés durant le printemps et qui effectuent leur premier grand déplacement. Le manque d'expérience peut alors accroître leur sensibilité à la collision. Enfin, le poids « plume » du roitelet, entre 5 et 7 grammes, le rend très vulnérable à l'aspiration induite par la vitesse des pales de l'éolienne, si l'oiseau passe à proximité.

#### ❖ Vulnérabilité

La vulnérabilité d'un oiseau est définie selon son niveau d'enjeu sur le site d'étude et son niveau de sensibilité. Chez le roitelet triple-bandeau, la sensibilité concerne essentiellement le risque de collision.

Bien que la migration postnuptiale n'ait pas été étudiée sur le parc éolien de Treffendel, un seul cadavre de roitelet triple-bandeau est retrouvé lors du suivi de la mortalité. La vulnérabilité de l'espèce peut donc être définie comme « faible à modérée » en période de migration postnuptiale. En dehors de cette période, la vulnérabilité du roitelet triple-bandeau est considérée comme « faible ».

#### VIII.1.2.2 - Chiroptères

La pipistrelle commune est l'espèce la plus impactée, et peut-être la seule observée morte. Sur 10 cadavres de chauves-souris retrouvés sous les éoliennes du parc, 7 étaient des pipistrelles communes et les 3 autres pouvaient en être.

Selon EUROBATS (2016), la pipistrelle commune est l'espèce de chauves-souris la plus impactée numériquement, avec 622 cas recensés entre 2003 et 2016, en France. À l'échelle européenne, ce sont 1585 cadavres qui ont été retrouvés et c'est en France que la pipistrelle commune est la plus impactée.

##### ❖ Sensibilité

Le risque fort de collision avec les éoliennes du groupe *Pipistrellus sp.*, et par conséquent, de la pipistrelle commune, lui confère une sensibilité forte à celles-ci. Elle est impactée de deux façons par une éolienne : par collision directe avec une pale ou par barotraumatisme. Elle est confrontée à ces risques par sa capacité à voler haut (plus de 50m de hauteur – EUROBATS, 2016), mais aussi parce qu'elle est attirée par ses structures.

Son attraction 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).

##### ❖ Vulnérabilité

La vulnérabilité d'une chauve-souris est définie selon son niveau d'enjeu et son niveau de sensibilité. Chez la pipistrelle commune, elle est considérée comme assez forte. Elle est toutefois reconsidérée sur le site en fonction de l'activité de l'espèce sur celui-ci.

L'activité en nacelle de la pipistrelle commune s'est révélée plutôt faible sous l'éolienne 2 du parc de Treffendel. Cependant, il ne s'agit pas de l'éolienne la plus mortifère du parc et le nombre important de cadavres de pipistrelle commune retrouvés sur le parc font que sa vulnérabilité sur le site est toujours considérée comme « **assez forte** ».

#### VIII.1.3 - 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 vers l'arrière 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. La Figure 37 reporte, autour d'un même point (correspondant à chaque éolienne), tous les cas de mortalité, aux distances et orientations observées.

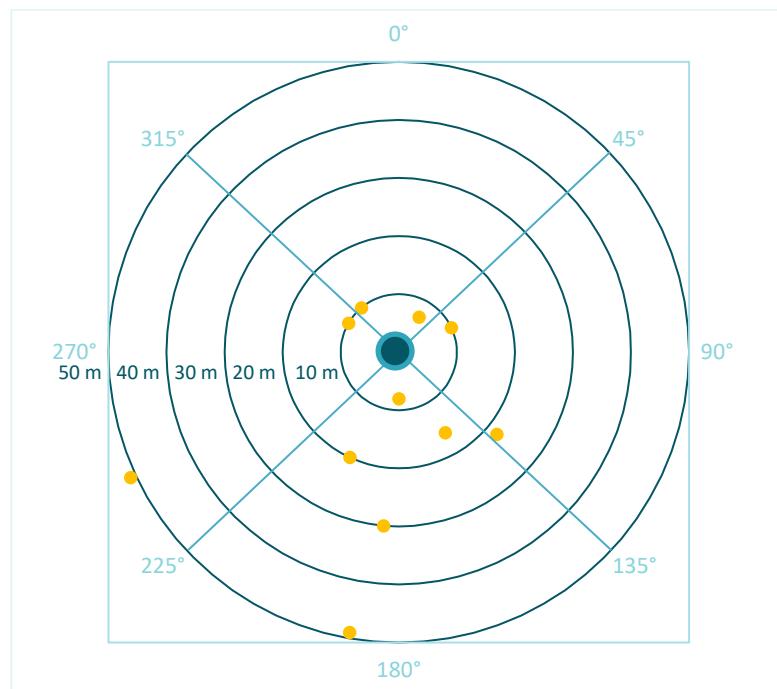


Figure 37 – Position des cadavres découverts autour des éoliennes.

Si l'on considère les positions des cadavres par quadrant, on constate qu'une majorité d'entre eux ont été retrouvés au sud, ce qui correspondrait alors à un vent de secteur nord. Cette observation est cohérente avec les données de vent (Figure 33), qui indiquent une dominante des vents de nord, en particulier en première partie de nuit.

Tableau 46 – Répartition des cadavres par quadrant

Quadrant de découverte	Nombre de cadavres
N	2
S	5
W	2
E	2

#### VIII.1.4 - Mortalité et activité des chiroptères

L'activité des chiroptères a été enregistrée depuis l'éolienne E2. Sa représentativité pour l'ensemble du parc n'est pas établie.

Il est possible néanmoins de représenter sur un même graphique l'activité des chiroptères (nombre de contacts), les cas de mortalité et la proportion de séquences favorables (des points de vue de la température et du vent – voir III.3.5 -), pour chaque semaine de suivi (idem Figure 10 + mortalité).

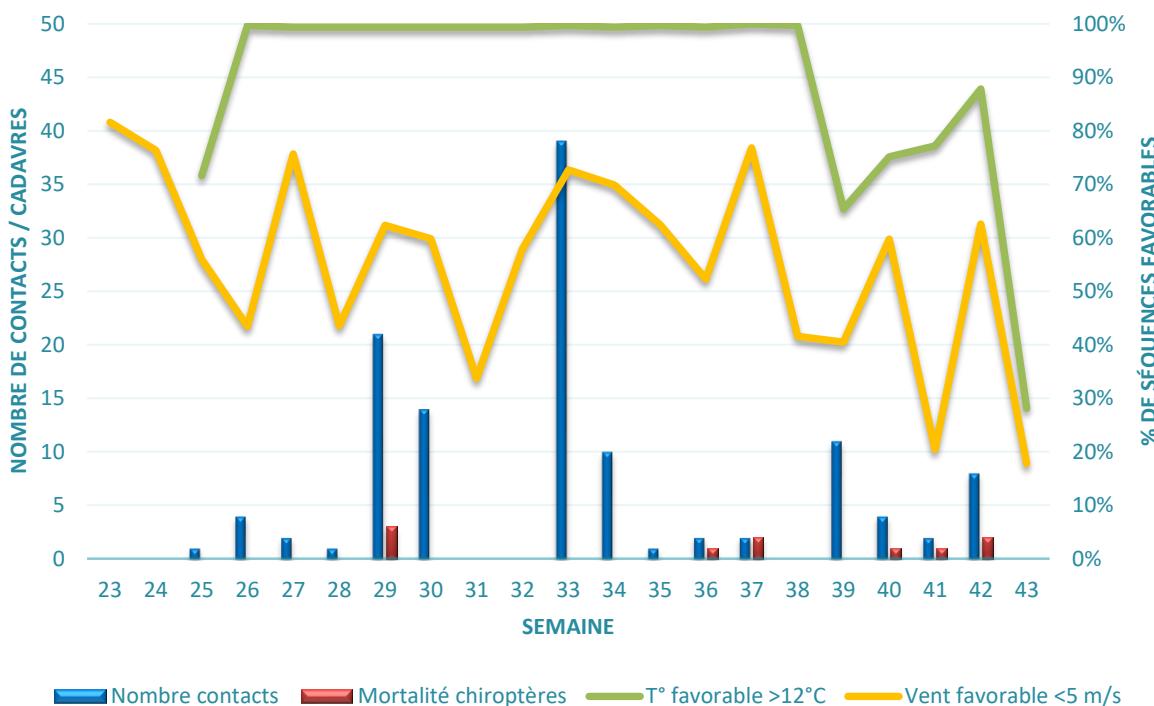


Figure 38 – Activité hebdomadaire des chiroptères et facteurs liés.

Visuellement, on constate une apparente corrélation entre l'activité des chauves-souris et l'importance des moments de vent favorable. Cette apparente corrélation se réduit aussi en fin de saison (mais il y a décalage entre des données continues et des données discrètes).

Il est impossible de prédire l'activité des chiroptères avec les moments de température favorables (favorable pendant presque toute la période), mais c'est également peu fiable avec les moments de vent favorables. D'autres facteurs interviennent (probablement liés à la disponibilité alimentaire et aux mouvements de population). **Toutes les périodes favorables ne sont pas utilisées sur le site par les chiroptères.**

La comparaison de l'activité et de la mortalité met en évidence qu'il n'y a pas eu, logiquement, de mortalité en dehors des semaines avec activité. Néanmoins, l'intensité de l'activité enregistrée n'est pas corrélée à la mortalité constatée : plusieurs pics d'activité marquée ne sont pas associés à des découvertes de cadavre.

### VIII.1.5 - Analyse de cas de mortalité

Quatre cas de mortalité constatée de chiroptères font état de cadavres frais. La date de mort peut ainsi être définie approximativement.

Dans le cas de carcasses dans un état sec, la date de mort est probablement antérieure d'au moins 6 jours à la date de découverte. Dans un état avancé, la mort est probablement à dater de 3 à 7 jours. Pour un cadavre frais, la date de la mort est de 3 jours au maximum.

Tableau 47 – Cas de mortalité avec cadavres frais

Cadavre	Date de découverte	Éolienne	Date de mortalité estimée
Pipistrellus pipistrellus	5 septembre	E1	2 au 5 septembre
Pipistrellus pipistrellus	10 octobre	E1	7 au 10 octobre
Pipistrellus pipistrellus	17 octobre	E2	14 au 17 octobre
Pipistrellus pipistrellus	17 octobre	E3	14 au 17 octobre

Ces 4 cas vont pouvoir être analysés en s'appuyant sur les données de vent et de fonctionnement sur l'éolienne de découverte, et sur les données d'activité et de température enregistrées sur E2.

❖ **5 septembre**

Tableau 48 – Conditions associées à un cas de mortalité

E1		Danger	Très élevé			
		Vent	Défavorable	Peu favorable	Favorable	Très favorable
Nuit	Nombre contacts	Température favorable				
02/09	0	100%	36%	47%	17%	-
03/09	1	100%	92%	8%	-	-
04/09	0	100%	47%	49%	4%	-

Une seule nuit dans les 3 précédant la découverte a fait l'objet d'une détection d'activité. Cette nuit-là, l'éolienne E1 était à un niveau d'activité présentant un danger très élevé pour les chiroptères, avec une rotation marquée tout au long de la nuit. La température était favorable tout au long de la nuit, et aucune séquence de vent plutôt favorable (favorable ou très favorable) n'a été constatée. À l'inverse, les nuits sans contacts présentent des séquences favorables. On voit ici la difficulté de généraliser au parc entier les données d'une éolienne : les données de contact de E2 ne sont pas pertinentes ou suffisantes.

❖ **10 octobre**

Tableau 49 – Conditions associées à un cas de mortalité

E1		Danger	Très élevé			Elevé	Peu élevé	Très faible
		Vent	Défavorable	Peu favorable	Favorable	Très favorable	Très favorable	Très favorable
Nuit	Nombre contacts	Température favorable						
07/10	0	13%	86%	4%	8%	2%	-	-
08/10	2	100%	27%	7%	15%	20%	4%	12%
09/10	0	100%	89%	5%	6%	-	-	-

Une seule nuit dans les 3 précédant la découverte a fait l'objet d'une détection d'activité. Cette nuit-là, l'éolienne E1 était à un niveau d'activité présentant un danger très élevé pour les chiroptères durant 70% des séquences. La température était favorable tout au long de la nuit, et le nombre de séquences de vent plutôt favorable (favorable ou très favorable) était important (66%).

La combinaison de séquences avec un danger élevé et des conditions de vent très favorable est assez élevée (35%).

Il relativement pertinent de considérer que la mortalité est associée à une nuit avec activité enregistrée, à des conditions de vol plutôt favorables et un danger élevé à très élevé. Cette nuit pourrait être considérée, par moment, comme étant de risque élevé.

❖ 17 octobre

Tableau 50 – Conditions associées à un cas de mortalité

E2		Danger	Très élevé				Élevé		Peu élevé		Très faible	
		Vent	Défavorable	Peu favorable	Favorable	Très favorable						
Nuit	Nombre contacts	Température favorable										
07/10	0	13%	7%	27%	25%	22%	2%	2%	2%	14%		
08/10	2	100%	-	9%	22%	25%	6%	6%	6%	31%		
09/10	0	100%	15%	24%	24%	22%	-	6%	6%	9%		

Tableau 51 – Conditions associées à un cas de mortalité

E3		Danger	Très élevé				Élevé		Peu élevé		Très faible	
		Vent	Défavorable	Peu favorable	Favorable	Très favorable						
Nuit	Nombre contacts	Température favorable										
07/10	0	13%	6%	26%	22%	25%	5%	4%	4%	13%		
08/10	2	100%	-	12%	14%	35%	2%	8%	8%	28%		
09/10	0	100%	22%	22%	18%	22%	-	6%	6%	9%		

Comme les autres les autres cas, les observations du 17 octobre montrent une seule nuit avec activité. Et pour les 2 éoliennes, la combinaison de séquences avec un danger élevé et des conditions de vent favorables à très favorable est à nouveau particulièrement élevée. De plus, le fait d'avoir l'éolienne E2 (source des contacts) rend encore plus pertinent le choix de la nuit du 8 octobre comme moment de la mort.

Cette nuit pourrait être considérée comme de risque élevé, par moment.

Les indicateurs définis peuvent montrer au moins partiellement un niveau de risque. Le résultat mériterait d'être appuyé par davantage de données, mais cette approche est appropriée pour définir le risque, comme combinaison du danger éolien et du potentiel d'activité des chiroptères, avec à l'inverse un indicateur de température n'étant pas adapté à cette définition.

## VIII.2 Prise en compte du risque de mortalité

Seule la mortalité des chauves-souris est suffisamment notable pour nécessiter une prise en compte.

### VIII.2.1 - Analyse du risque

L'analyse de cas (VIII.1.5 -) montre qu'il est donc possible d'évaluer les risques en mettant en regard le danger lié au fonctionnement des éoliennes avec les conditions de vol des chauves-souris.

Sur l'éolienne E1, la plus mortifère en 2018, les séquences (8910 pour l'ensemble des nuits, soit 1485 heures) se répartissent selon le tableau suivant, au cours du suivi, de la semaine 23 à 43.

Tableau 52 – Répartition des séquences (nuit entière)

E1	Conditions de vent (- de 5 m/s)					Total
	Défavorable	Peu favorable	Favorable	Très favorable		
Très élevé	44%	22%	12%	12%	90%	
Élevé	0%	-	0%	1%	1%	
Peu élevé	-	0%	0%	2%	2%	
Très faible	0%	-	-	7%	7%	
Total	44%	22%	13%	22%	100%	

Risque	Faible	Modéré	Fort	Très fort
	51%	24%	13%	12%

Il y a donc eu au cours de la période de suivi, 25% des séquences pouvant être considérées comme à risque fort ou très fort pour l'éolienne E1. Ces séquences sont potentiellement mortifères pour les chiroptères.

Il est intéressant de remarquer que l'utilisation d'une limite de vent inférieur à 5 m/s au lieu du 7 m/s généralement admis permet de mieux cerner les séquences à risque (passage de 76 à 25 %). Pour comparaison, la répartition des séquences en vent inférieur à 7 m/s présente la situation suivante :

Tableau 53 – Répartition des séquences (nuit entière) – pour comparaison

E1	Conditions de vent (- de 7 m/s)					Total
	Défavorable	Peu favorable	Favorable	Très favorable		
Très élevé	10%	16%	20%	45%	90%	
Élevé	0%	-	0%	1%	1%	
Peu élevé	-	-	0%	2%	2%	
Très faible	-	-	-	7%	7%	
Total	10%	16%	20%	55%	100%	

Ce sont 33% des séquences qui sont ainsi déclassées depuis le très favorable, et pour lesquelles le risque aurait été surévalué avec le seuil standard.

### VIII.2.2 - Réduction du risque

Pour réduire le risque, 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 favorables (catégories favorable ou très favorable) au vol des chiroptères, soit, pour le site de Treffendel, une vitesse de vent inférieure à 5 m/s.

La faible activité et l'absence de mortalité avant la semaine 29 permettent de réduire la période de bridage. Un bridage sur une période allant des semaines 28 à 43 est pertinent.

Sur cette période, les séquences concernées se répartissent ainsi :

Tableau 54 – Répartition des séquences (nuit entière, semaines 28 à 43)

E1	Conditions de vent (- de 5 m/s)					Total
	Défavorable	Peu favorable	Favorable	Très favorable		
Très élevé	47%	21%	11%	12%	91%	
Elevé	0%	-	0%	1%	1%	
Peu élevé	-	0%	0%	2%	2%	
Très faible	0%	-	-	6%	6%	
Total	47%	21%	11%	21%	100%	

Risque	Faible	Modéré	Fort	Très fort
--------	--------	--------	------	-----------

Ceci représente, au cours des nuits entre les semaines 28 et 43, 24% du temps de production efficace<sup>1</sup> (sans que la puissance nominale soit nécessairement atteinte), plus 2% du temps où l'éolienne fonctionne par intermittence.

Il est proposé un bridage (arrêt complet) dans ces conditions pour l'éolienne E1, la plus mortifère. Si l'on prend 2018 comme référence (bien qu'il semble qu'il y ait eu globalement peu de vent lors du suivi), on obtient un arrêt pendant environ 315 heures dans l'année.

Les caractéristiques de bridage à retenir pour E1 sont alors :

- ❖ **Arrêt complet,**
- ❖ **Entre les semaines 28 et 43 (comprises),**
- ❖ **De nuit (½ avant le coucher à ½ heure après le lever),**
- ❖ **Par vent inférieur à 5 m/s,**
- ❖ **Et par température extérieure supérieure à 12°C.**

Pour limiter l'effet cumulatif de mortalité, il est proposé également un bridage (arrêt complet) des éoliennes E2 et E3, uniquement en début de nuit (pic d'activité). Voici les répartitions des séquences correspondantes.

Tableau 55 – Répartition des séquences (début de nuit, semaines 28 à 43)

E2	Conditions de vent (- de 5 m/s)					Total
	Défavorable	Peu favorable	Favorable	Très favorable		
Très élevé	40%	26%	14%	10%	90%	
Elevé	0%	-	0%	1%	1%	
Peu élevé	1%	0%	0%	2%	3%	
Très faible	0%	-	-	6%	6%	
Total	42%	26%	14%	18%	100%	

<sup>1</sup> Le temps de production efficace est une appréciation simple au vu de la vitesse de rotation. Il ne tient pas compte de la production en regard. Ce temps ne doit donc pas être pris en compte comme un temps de fonctionnement en puissance nominale.

Tableau 56 – Répartition des séquences (début de nuit, semaines 28 à 43)

E3	Conditions de vent (- de 5 m/s)				
	Défavorable	Peu favorable	Favorable	Très favorable	Total
Très élevé	40%	21%	10%	8%	79%
Elevé	0%	0%	0%	1%	2%
Peu élevé	0%	0%	0%	1%	2%
Très faible	2%	2%	0%	12%	17%
Total	43%	24%	11%	23%	100%

On constate que ça représente 25% du temps de production efficace<sup>2</sup> (96 heures) pour E2 et 20% (75 heures) pour E3.

Les caractéristiques du bridage à retenir pour E2 et E3 sont :

- ❖ **Arrêt complet,**
- ❖ **Entre les semaines 28 et 43 (comprises),**
- ❖ **En début de nuit (½ avant le coucher à 3 heures après le coucher),**
- ❖ **Par vent inférieur à 5 m/s,**
- ❖ **Et par température extérieure supérieure à 12°C.**

## IX. Conclusion

Le suivi post-implantation du parc éolien de Treffendel comprend 4 volets avec des suivis de données environnementales distinctes (habitats, avifaune hivernante, chiroptères et mortalité).

Les habitats ont été faiblement modifiés dans un rayon de 100m autour des éoliennes, avec une artificialisation due à la création des plateformes et des voiries. Le contexte agricole intensif, de faible potentiel écologique, n'en est pas profondément modifié.

L'avifaune hivernante repérée dans l'étude d'impact, et sensible à la présence d'éolienne n'a pas été observée lors du suivi autour des éoliennes ; leur présence au moins occasionnelle reste compatible avec les observations générales. Trente-cinq espèces hivernantes ont été notées, toutes avec une vulnérabilité faible.

L'activité des chiroptères a été enregistrée en nacelle, sur l'éolienne E2. Le niveau d'activité a été considéré comme faible, pour 5 espèces de chauves-souris sensibles à l'éolien. Pour 4 d'entre elles, la vulnérabilité est évaluée comme faible, et comme assez forte pour la pipistrelle commune.

La mortalité sur le site tend à confirmer ce qu'avait envisagé l'étude d'impact, c'est-à-dire de faibles enjeux sur l'avifaune (1 seul cas constaté, pour 11 en mortalité réelle estimée). Pour les chiroptères, c'est une mortalité conséquente de chauves-souris qui a été constatée : **10 cadavres observés**, pour **64 d'individus en mortalité réelle estimée**. Au regard de l'étude de l'activité, on a une mortalité importante pour une activité faible.

La mortalité est aussi localisée sur un aérogénérateur (E1), qui concentre 7 des 11 cas.

La combinaison de périodes favorables au vol des chiroptères et d'activité éolienne marquée est fréquente sur la période étudiée.

En conséquence, il est proposé un bridage de l'éolienne E1, toutes les nuits, quand le vent est inférieur à 5 m/s et la température supérieure à 12°C, entre les semaines 28 et 43, complété par un bridage des éoliennes E2 et E3, aux mêmes conditions que pour E1, mais réduit au début de la nuit.

## X. Bibliographie

OUEST AM', 2009. PROJET EOLIEN DE TREFFENDEL - Commune de Treffendel (35) - Etude d'impact. Eole Génération. 184 pp.

ARTHUR L. & LEMAIRE M., 1999. – Les Chauves-souris maîtresses de la nuit. – Edition Delachaux&Niestlé.

ARTHUR L. & LEMAIRE M., 2009. – Les Chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse. – Collection Parthénope, Editions Biotope. 544p.

ARTHUR L. & LEMAIRE M., 2009. – Les Chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse. – Collection Parthénope, Editions Biotope. 544p. 2ème édition.

BAERWALD E.F., G.H. D'AMOURS, B.J. KLUG & R.M.R. BARCLAY. 2008. Barotrauma is a significant cause of bat fatalities at wind turbines. Current Biology Vol 18 N°16 : 695-696

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

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 & al., 1995. – The influence of landscape elements on the echolocation of the pond bat *Myotis dasycneme*. – Rhinolophe 11 : 39-40.

BRETAGNE ENVIRONNEMENT GIP, OCEANOPOLIS BREST, GMB, BRETAGNE VIVANTE-SEPNB, 2015. – Liste rouge régionale & responsabilité biologique régionale. Mammifères de Bretagne. – Listes validées par le CSRPN de Bretagne le 11 juin 2015. 9p.

BRETAGNE ENVIRONNEMENT GIP, BRETAGNE VIVANTE-SEPNB, GOB, ONCFS, LPO & GEOCA, 2015. – Liste rouge régionale & responsabilité biologique régionale. Oiseaux nicheurs & oiseaux migrateurs de Bretagne. – Listes validées par le CSRPN de Bretagne le 11 juin 2015. 9p.

Bretagne Vivante – SEPNB, 2006. – Les Chauves-souris de Bretagne. – Penn Ar Bed n°197/198.Juin/Septembre 2006.

CRYAN P.M., GORRESEN P.M., HEIN C.D., SCHIRWASCHER M.R., DIEHL R.H., HUSO M.M., HAYMAN D.T.S., FRICKER P.P., BANARCORSO F.J., JOHNSON D.H., HUISK K., DALTON D.C. 2014. Behaviour of bats at wind turbines. PNAS, 111, 426 p.

CRYAN P. M. et 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. Evaluation de l'impact du parc éolien de Bouin (Vendée) sur l'avifaune et les chauves-souris. Bilan de 5 années de suivi. Ligue pour la Protection des Oiseaux délégation Vendée / ADEME Pays de la Loire / Conseil Régional des Pays de la Loire, La Roche-sur-Yon - Nantes, 106 p.

EUROBATS, 2016. – Lignes directrices pour la prise en compte des chauves-souris dans les projets éoliens. Actualisation 2016. – EUROBATS Publications Series N°6 (version française). UNEP/EUROBATS Secrétariat, Bonn, Allemagne, 133p.

GROUPE MAMMALOGIQUE BRETON, 2007. – Statut juridique et d'abondance d'espèces de chauve-souris bretonnes en 2007.

HEITZ C. et JUNG L. 2016. Impact de l'activité éolienne sur les populations de chiroptères : enjeux et solutions (Etude bibliographique). 149p.

HORN J., ARNETT E., KUNZ T. 2008. Behavioural responses of bats to operating wind turbines. The Journal of Wildlife Management. 72 (1) p.123-132.

JAMESON J.W., WILLS C.K.R. 2014. Activity of tree bats at anthropogenic tall structures : implications for mortality of bats at wind turbines. Animal Behaviour 97 : 145-152.

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.

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

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

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 - Juin 2017 – Actualisé en septembre 2017. LPO France. 92 p.

MEEM, 2016. – Guide relatif à l'élaboration des études d'impacts des projets de parcs éoliens terrestres. – Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer, Décembre 2016. 169 pp.

MOTTE & LIBOIS, 2002. – Conservation of the lesser horseshoe bat (*Rhinolophus hipposideros* Bechstein, 1800) (Mammalia: Chiroptera) in Belgium. A case study of feeding habitat requirements. Belg. J. Zool., 132 (1) : 49-

MTES, 2018. – Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres. – 19p.

RODRIGUES, BACH, DUBOURG-SAVAGE, GOODWIN, HARBUSCH, 2008. – Lignes directrices pour la prise en compte des Chauves-souris dans les projets éoliens. – EUROBATS Publication Series No.3 (version française). PNUE/EUROBATS Secretariat, Bonn, Germany, 55p.

RODRIGUES & Al., 2015. – 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 Secretariat, Bonn, Allemagne, 133p.

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.

SFEPM, 2016. – Prise en compte des chiroptères dans la planification des projets éoliens terrestres. Actualisation 2016 des recommandations de la SFEPM. – version 2 (février 2016).

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.

SIMONET F. (coord.), 2015. – Atlas des mammifères de Bretagne. – Groupe Mammologique breton. Locus Solus. 303p

IUCN France, MNHN, SFEPM & ONCFS 2009. – La liste rouge des espèces menacées en France – Chapitre Mammifères de France métropolitaine. – Paris, France.

IUCN France, MNHN, SEO & ONCFS, 2011. – La liste rouge des espèces menacées en France. Chapitre Oiseaux de France métropolitaine. – Paris, France.

IUCN France, MNHN, LPO, SEO & ONCFS, 2016. – La Liste rouge des espèces menacées en France - Chapitre Oiseaux de France métropolitaine. – Paris, France. 35p.

IUCN France, MNHN, SFEPM & ONCFS (2017). La Liste rouge des espèces menacées en France – Chapitre Mammifères de France métropolitaine. Paris, France.

IUCN France & MNHN., 2009. – La Liste rouge des espèces menacées en France - Contexte, enjeux et démarche d'élaboration. – Paris, France.

WAUGEN & Al., 1997. – Référentiel d'activité des chiroptères éléments pour l'interprétation des dénombremens de chiroptères avec les méthodes acoustiques en zone méditerranéenne française. – Biotope, Ecole Pratique des Hautes Etudes, 99p.