



Suivis environnementaux 2020
Rapport final
Parc éolien de Plumieux (22)



SOMMAIRE

I.	Introduction.....	4
II.	Contexte	5
II.1	Parc éolien de Plumieux	5
II.2	Localisation	5
III.	Cadrage des suivis	9
III.1	Contexte réglementaire	9
III.2	Cadre méthodologique générique du suivi de mortalité	10
III.3	Spécificité des suivis de mortalité Synergis Environnement.....	16
III.4	Méthodologie du suivi en nacelle des chiroptères.....	23
IV.	Résultats des suivis	30
IV.1	Suivi de mortalité des chiroptères et de l'avifaune	30
V.	Analyse	50
V.1	Suivi de la mortalité	50
V.2	Résultats du suivi en nacelle des chiroptères	58
V.3	Prise en compte du risque de mortalité	71
VI.	Bilan.....	75
VI.1	Préconisation de mesures proposées par Synergis Environnement	76
VI.2	Mesures retenues par ENGIE GREEN :	76
VII.	Bibliographie.....	77

Index des tableaux

Tableau 1 - Caractéristique des éoliennes	5
Tableau 2 - Période sur laquelle doit être effectué le suivi de mortalité en fonction des enjeux chiroptérologiques et enjeux avifaunistiques. En rouge le cas pour le parc de Plumieux.....	10
Tableau 3 – Exemple de notation des types de couvert pour une éolienne	16
Tableau 4 – Exemple de coefficients de détectabilité	18
Tableau 5 – Exemple de calculs de A et d	19
Tableau 6 - Conditions de vol des chiroptères en fonction du vent	22
Tableau 7 - Danger en fonction du fonctionnement des éoliennes	23
Tableau 8 - Regroupement d'espèces possibles	27
Tableau 9 - Tableau des distances de détection des chauves-souris en fonction des espèces et leur coefficient de détectabilité en fonction du milieu	28
Tableau 10 - Calcul du niveau d'activité en altitude	28
Tableau 11 - Calcul du niveau de richesse spécifique	28
Tableau 12 - Évaluation du seuil d'activité au sol pour chaque espèce de chauves-souris en Bretagne	29
Tableau 13 - Planning de réalisation du suivi de mortalité	30
Tableau 14 – Résultats des tests de détection par intervenant et types de surfaces.....	34
Tableau 15 - Planning de réalisation des tests de persistance	34
Tableau 16 - Types d'habitats rencontrés et surfaces associées.....	35
Tableau 17 - Tests de persistance	40
Tableau 18 - Taux de détection composite par prospection (exemple d'une partie du suivi de E2)	42
Tableau 19 – Taux de détection composite par éolienne.....	42
Tableau 20 - Bilan des cadavres retrouvés lors des suivis de mortalités	43
Tableau 21 - Estimations de la mortalité réelle des chiroptères sur le parc éolien de Plumieux entre parenthèse le nombre de cadavres découverts lors des prospections	44
Tableau 22 - Estimations de la mortalité réelle des oiseaux sur le parc éolien de Plumieux entre parenthèse le nombre de cadavres découverts lors des prospections	44
Tableau 23 - Mortalité réelle supposée par éolienne sur le parc de Plumieux entre parenthèse le nombre de cadavres découverts.....	45
Tableau 24 – Distances des éoliennes aux reliefs paysagers.....	50
Tableau 25 : Nombre de contacts par espèce de chauves-souris	58

Tableau 26 : Espèces inventoriées en nacelle	59
Tableau 27 - Evaluation du niveau d'activité des espèces inventoriées par écoute en nacelle	59
Tableau 28 - Niveau d'activité par espèce observé en nacelle par mois (en ct/h)	60
Tableau 29 : Calcul du niveau d'enjeu des chauves-souris.....	63
Tableau 30 : Calcul du niveau d'enjeu patrimonial	63
Tableau 31 : Statut de protection et de conservation des espèces inventoriées et leur niveau d'enjeu	63
Tableau 32 : Niveau d'enjeu patrimoniale des espèces inventoriées et leur niveau d'enjeu sur site	65
Tableau 33 : Niveau de risque de collision avec les éoliennes selon les espèces	65
Tableau 34 : Calcul du niveau de sensibilité	65
Tableau 35 : Comportement et sensibilité des espèces	66
Tableau 36 : Calcul du niveau de vulnérabilité	66
Tableau 37 - Vulnérabilité des espèces de chauves-souris	67
Tableau 38 - Niveau d'enjeu et de vulnérabilité des espèces sur le parc éolien de Plumieux	70
Tableau 39 : Répartition des séquences (nuit entière).....	71
Tableau 40 : Répartition des séquences entre les semaines 36 à 40 (-0h30 à +3h du coucher du soleil) .	73
Tableau 41 : Mesures de bridage proposées (en rouge les modifications préconisés)	74

Index des figures

Figure 1 - Localisation du parc de Plumieux.....	1
Figure 2- Localisation du parc éolien de Plumieux.....	2
Figure 3 - ZNIEFF de type I et II autour du parc éolien de Plumieux	2
Figure 4 - Vu depuis l'éolienne E7	6
Figure 5 - Vu éloignée du parc éolien	6
Figure 6 : Continuité écologiques autour du parc de Plumieux.	7
Figure 7 - Corridors écologique du Schéma Régionale de Cohérence Ecologique (SRCE)	8
Figure 8 – Répartition des probabilités en fonction d'une valeur théorique de mortalité réelle	15
Figure 9 – Leurre fabriqué en tissu.....	18
Figure 10 - Principe de l'écholocalisation des chiroptères.....	24
Figure 11 - À gauche : ensemble du matériel d'enregistrement ; À droite : barre de fixation	25
Figure 12 - Schéma de principe des recherches de terrain	31
Figure 13 - Localisation des quadrats du suivi de mortalité du site éolien de Plumieux	32
Figure 14 – Exemple de transect réalisé au pied de l'éolienne E1 éolien du parc de Plumieux	33
Figure 15 - Habitats simplifiés dans les quadrats des éoliennes E1, E2, E7 et E8 du site de Plumieux	36
Figure 16 - Habitats simplifiés dans les quadrats des éoliennes E4 à E6 du site de Plumieux	37
Figure 17 - Représentation de la surface prospectée en fonction des dates d'inventaires	38
Figure 18 - Moyenne des surfaces prospectées par éoliennes	39
Figure 19 - Test 1, nombre de cadavres restant par jour.....	41
Figure 20 - Test 2, nombre de cadavres par jour	41
Figure 21 - Chronologie des découvertes de cadavres	43
Figure 22 – Répartition du vent en fonction du moment de la nuit ou en période « journée ».....	46
Figure 23 - Vitesse des vents en début de nuit (-0,5h à +3h du coucher du soleil) par éolienne en m/s ; utilisation des moyennes par tranche de 10 minutes. Les classes de vitesses de l'abscisse corresponde à classe 0 : vent de 0 m/s, classe 1,5 :]0 ;1,5 m/s], classe 2,5 :]1,5 ;2,5 m/s] ... Classe 13,5 :]12,5 ;13,5 m/s], classe +13,5 : vent >13,5 m/s.....	47
Figure 24 - Niveau d'activité des éoliennes en première partie de nuit (tours/minutes) ; utilisation des moyennes d'activité par tranche de 10min. Les classes de vitesses de rotation de l'abscisse corresponde à classe 0 : rotation de 0 tr/min, classe 1 :]0 ;1 tr/min], classe 2 :]1 ;2 tr/min], classe 18 :]17 ;18 tr/min, classe +18 : >18 tr/min.....	48
Figure 25 - Relation entre la vitesse du vent et la vitesse de rotation du rotor par tranche de 10 minutes avec application d'un modèle additif généralisé.....	49
Figure 26 – Nombre de cadavres retrouvés en fonction de la distance éolienne-lisière. (Source: Ouest Am, 2020)	51
Figure 27 - Cartographies du paysage immédiat aux abords des éoliennes	52
Figure 28 – Chronologie des découvertes de martinet noir au niveau national (Marx, 2017).....	54
Figure 29 - Position des cadavres découverts autour des éoliennes, (regroupement de toutes les éoliennes sur le même graphique)	56
Figure 30 - Evolution de l'activité et de la diversité spécifique au cours de la saison	61
Figure 31 - Evolution de l'activité des chiroptères en fonction de la vitesse du vent.....	62
Figure 32 : Noctule commune	68
Figure 33 : Carte de répartition.....	68
Figure 34 : Noctule de Leisler	68
Figure 35 : Carte de répartition.....	68
Figure 36 - Carte de répartition	69
Figure 37 - Carte de répartition	69

Figure 38 : Carte de répartition..... 70

I. Introduction

ENGIE GREEN est responsable de l'exploitation de 8 aérogénérateurs sur la commune de Plumieux et Saint-Etienne-du-Gué-de-l'Isle dans le département des Côtes d'Armor (22). Le parc se compose de deux sites Plumieux 1 et Plumieux 2 installés respectivement en 2010 et 2011. Les deux sites seront étudiés conjointement. La réglementation prévoit, dans les trois ans suivant la mise en place d'un parc éolien terrestre, puis tous les 10 ans, un suivi environnemental au titre de l'article 12 de l'arrêté ministériel du 26 août 2011 relatif aux installations classées de la rubrique 2980 : « ...un suivi environnemental permettant d'estimer l'impact de ce parc sur la mortalité de l'avifaune et des chiroptères ».

Le bureau d'étude Synergis Environnement a ainsi été missionné pour réaliser le suivi à 10ans, le suivi post-implantation du parc de Plumieux, en répondant aux exigences réglementaires et au cahier des charges de ENGIE GREEN.

Le suivi environnemental comprend deux volets :

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

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

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

Le présent rapport final traite du suivi de la mortalité et le suivi en nacelle de l'activité des chiroptères menés en 2020. Il reprend la méthodologie employée puis présente les résultats obtenus, propose une analyse et préconise certaines mesures au vu de l'analyse.

II. Contexte

II.1 Parc éolien de Plumieux

Le parc éolien de Plumieux, d'une puissance de 16 MW, est constitué de 8 aérogénérateurs du modèle ENERCON E82.

Tableau 1 - Caractéristique des éoliennes

Elément de l'éolienne	Caractéristiques maximales du gabarit
Diamètre du rotor	82 m
Hauteur de la tour	100 m
Hauteur en bout de pale	141 m

II.2 Localisation

II.2.1 - Situation géographique et administrative

Le parc se situe à cheval sur deux communes : Plumieux et Saint-Etienne-du-Gué-de-l'Isle qui sont des communes des Côtes-d'Armor (22), en région Bretagne (Figure 1). Elles font toutes deux parties de la communauté de communes de Loudéac Communauté – Bretagne Centre. Elles sont majoritairement dans un contexte paysager agricole et se situe à 23 km de Ploërmel et 48 km de Saint-Brieuc. Deux des 8 aérogénérateurs se situent sur la commune de Plumieux (Figure 2).

Parc éolien de Plumieux

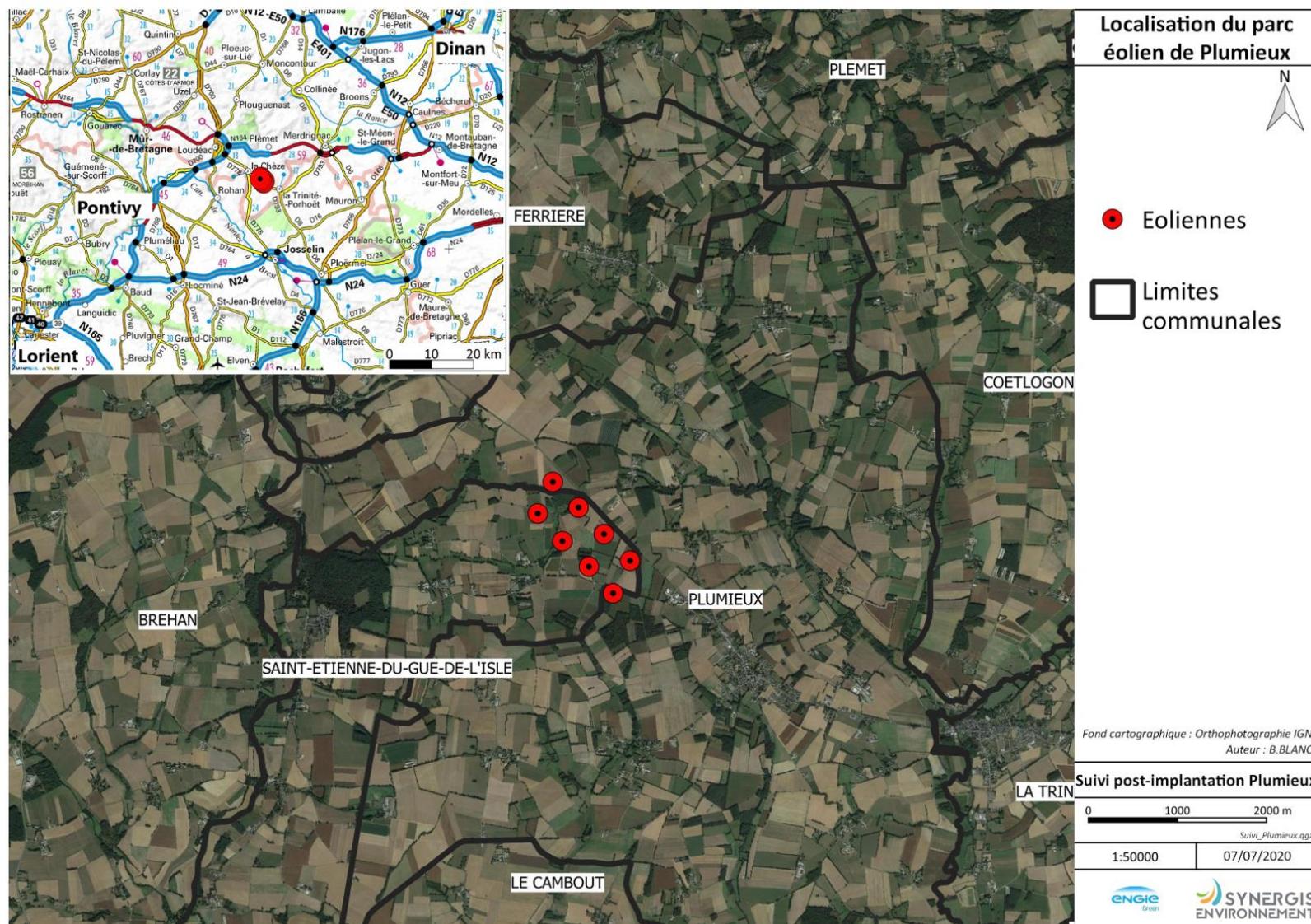


Figure 1 - Localisation du parc de Plumieux



Figure 2- Localisation du parc éolien de Plumieux

II.2.2 - Zones naturelles proches

L'étude des zones naturelles aux alentours d'un site éolien peut permettre la mise en évidence de potentiels facteurs influençant les enjeux environnementaux. Une aire d'étude éloignée (AEE) de 10 km autour du parc est désignée (Figure 3). La distance de 10km est prise arbitrairement mais prend en compte la facile capacité de déplacement des espèces volantes étudiées dans ce rapport.

La zone naturelle la plus proche est située à 4 km du site éolien (ZNIEFF de type 2).

II.2.2.1 - ZNIEFF

Les ZNIEFF de type 1 sont caractérisées par leur intérêt biologique remarquable (présence d'espèces protégées, associations d'espèces ou espèces rares, menacées ou caractéristiques du patrimoine régional).

Les ZNIEFF de type 2 sont des espaces qui intègrent des ensembles naturels fonctionnels et paysagers, possédant une cohésion élevée et plus riches que les milieux alentours.

À noter que le classement des ZNIEFF, justifié scientifiquement en se fondant sur des espèces et des habitats d'intérêts patrimoniaux, n'a pas de portée réglementaire. Cependant, il est pris en considération par les tribunaux administratifs et le Conseil d'Etat pour apprécier la légalité d'un acte administratif, surtout s'il y a présence d'espèces protégées au sein de la ZNIEFF. .

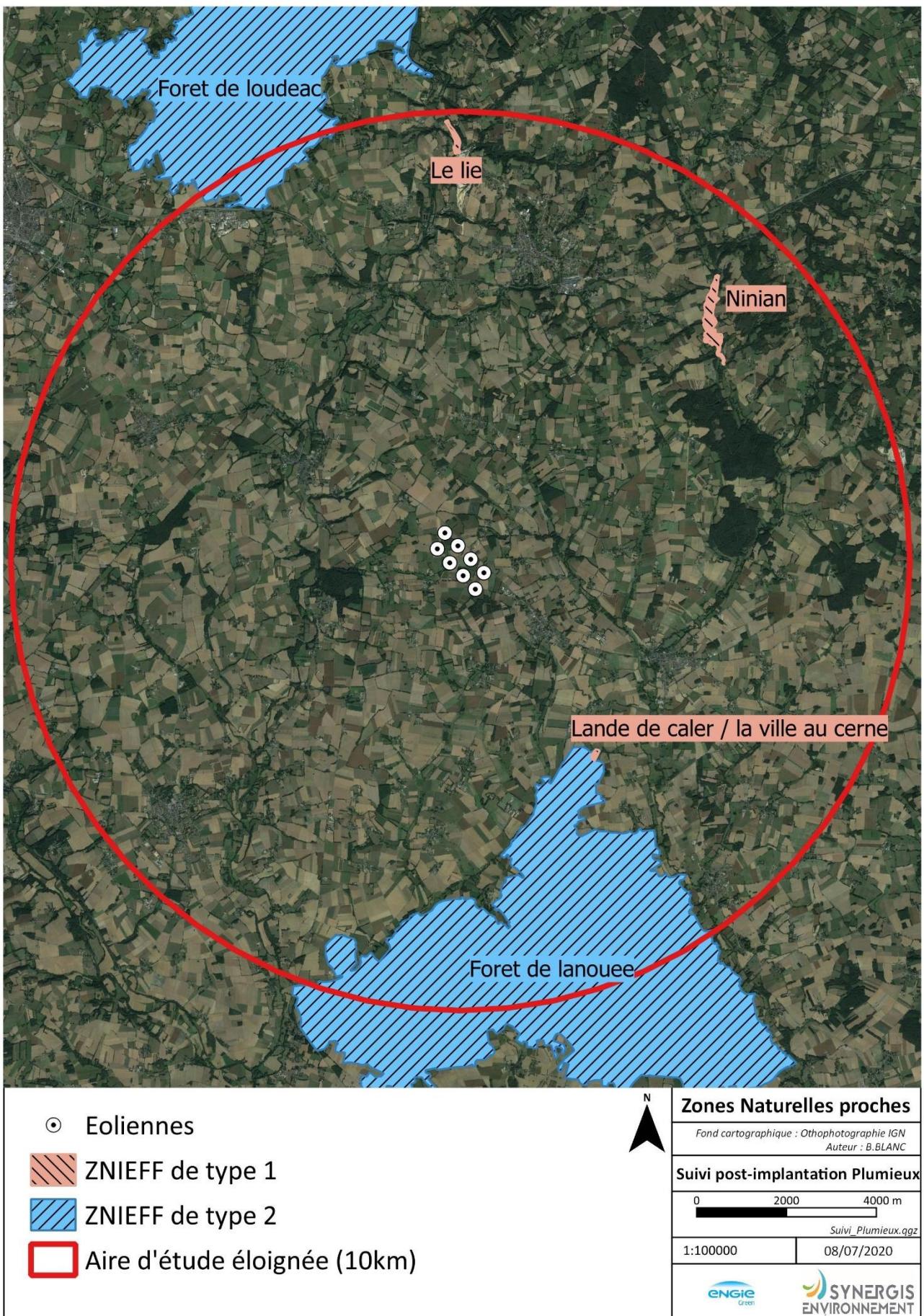


Figure 3 - ZNIEFF de type I et II autour du parc éolien de Plumieux

Nom	ZNIEFF de type	Description
FORET DE LANOUEE	2	<p>Cette forêt est le second massif forestier le plus grand de Bretagne après la Forêt de Paimpont. L'habitat forestier d'intérêt communautaire majeur de la zone est la hêtraie-chênaie collinéenne à houx.</p> <p>Cette forêt accueille également une grande diversité avifaunistique dont des espèces forestières peu commune en Bretagne (Autour des palombes, engoulevent d'Europe, busard Saint-Martin...). L'accueil des chiroptères arboricoles y est aussi assez marqué.</p>

Identifiant : 530006826 – Distance par rapport au parc : 4,5 km

Nom	ZNIEFF de type	Description
FORET DE LOUDEAC	2	<p>La forêt de Loudéac est une importante forêt des Côtes-d'Armor. Le principal milieu déterminant de la zone est la hêtraie-chênaie acidiphile à houx, habitat forestier d'intérêt communautaire. En sous-bois le houx est plus ou moins présent par place, et plus localement l'if. Les landes à bruyères mésophiles et hygrophiles apparaissent encore sous les pinèdes claires ou constituent localement des clairières intéressantes.</p> <p>Un intérêt supplémentaire de cette ZNIEFF tient dans son peuplement d'oiseaux. En effet, plusieurs espèces déterminantes sont détectées, comme le pic noir (<i>Dryocopus martius</i>), le pic mar (<i>Leiopicus medius</i>), le pouillot siffleur (<i>Phylloscopus sibilatrix</i>) ou encore le roitelet triple-bandeau (<i>Regulus ignicapilla</i>).</p>

Identifiant : 530002101 – Distance par rapport au parc : 8,5 km

Nom	ZNIEFF de type	Description
LANDE DE CALER / LA VILLE AU CERNE	1	Lande humide mésophile à <i>Erica tetralix</i> , <i>E. ciliaris</i> et <i>Ulex minor</i> , comportant quelques coulées tourbeuses à <i>narthécium</i> , <i>Drosera intermedia</i> . Cette petite zone comporte une des deux populations importantes de galé odorant (<i>Myrica gale</i>) pour les Côtes d'Armor.

Identifiant : 530020085 – Distance par rapport au parc : 4,5 km

Nom	ZNIEFF de type	Description
NINIAN	1	Tronçon de rivière situé en limite des landes du Méné, encore préservé des travaux hydrauliques. L'intérêt de cette zone se porte sur les peuplements piscicoles avec des zones à truites et la présence de deux espèces d'intérêts communautaire, le chabot et la lamproie de Planer. Les berges abritent l'osmonde royale et permettent la reproduction de certaines communautés d'oiseaux (martin-pêcheur d'Europe, troglodyte mignon, héron cendré).

Identifiant : 530015511 – Distance par rapport au parc : 7 km

Nom	ZNIEFF de type	Description
LE LIE	1	Tronçon du Lié situé en limite des landes du Méné. * L'intérêt de cette zone se porte sur les peuplements piscicoles avec des zones à truite inférieure, associant l'anguille, la truite fario, le chabot et la lamproie de Planer, ainsi que 3 cyprinidés d'eau vive (goujon, chevesne, vandoise). La loutre d'Europe est présente irrégulièrement. Les berges permettent la reproduction notamment du martin-pêcheur d'Europe.

Identifiant : 530015512 – Distance par rapport au parc : 9 km

Bilan zones naturelles proches

L'aire d'étude éloignée décrit le site comme **peu favorable à l'avifaune et aux chiroptères**. Les boisements remarquables, identifiés administrativement en zones naturelles sont assez éloignés. Un potentiel déplacement entre ces différents sites reste toutefois à envisager.

II.2.3 - Contexte paysager

Le site éolien de Plumieux se trouve dans un contexte majoritairement agricole comportant de nombreuses prairies fauchées, quelques prairies pâturées et des cultures (Figure 4 et Figure 5). De nombreuses parcelles sont délimitées par des haies mais souvent dégradées (rupture de continuité). De nombreux bosquets parsèment le paysage. Les deux éléments paysagés prirent conjointement mettent en évidence une connectivité paysagère faible (Figure 6).

Les bosquets assez larges et leurs présences à moins de 150m de l'éolienne E2 sont des éléments attractifs pour les chauves-souris et certaines espèces d'oiseaux.

II.2.4 - Continuités écologiques

A une échelle plus large, il est à noter la présence d'un corridor écologique défini par le Schéma Régionale de Cohérence Ecologique (SRCE) à l'est du site de Plumieux dans l'aire d'étude (Figure 7). Ce corridor met en avant une connexion assez ténue mais existante dans l'axe de la forêt de Lanouée à la ZNIEFF de Ninian (Figure 3). Il est alors potentiel que des espèces empruntant ce corridor puisse se retrouver proche du site de Plumieux.

Bilan général des risques potentiels

Le parc éolien de Plumieux se situe dans un contexte paysagé de bocage dégradé présentant **des risques pour l'avifaune et les chiroptères faible**. La connectivité dégradée des habitats et la rareté d'éléments naturels en sont la cause principale. Les bosquets et mares présents aux pieds de certaines éoliennes restent toutefois des éléments attractifs pour les espèces volantes. La présence d'un corridor écologique à l'est est aussi à noter.



Figure 4 - Vu depuis l'éolienne E7



Figure 5 - Vu éloignée du parc éolien



Figure 6 : Continuité écologiques autour du parc de Plumieux.

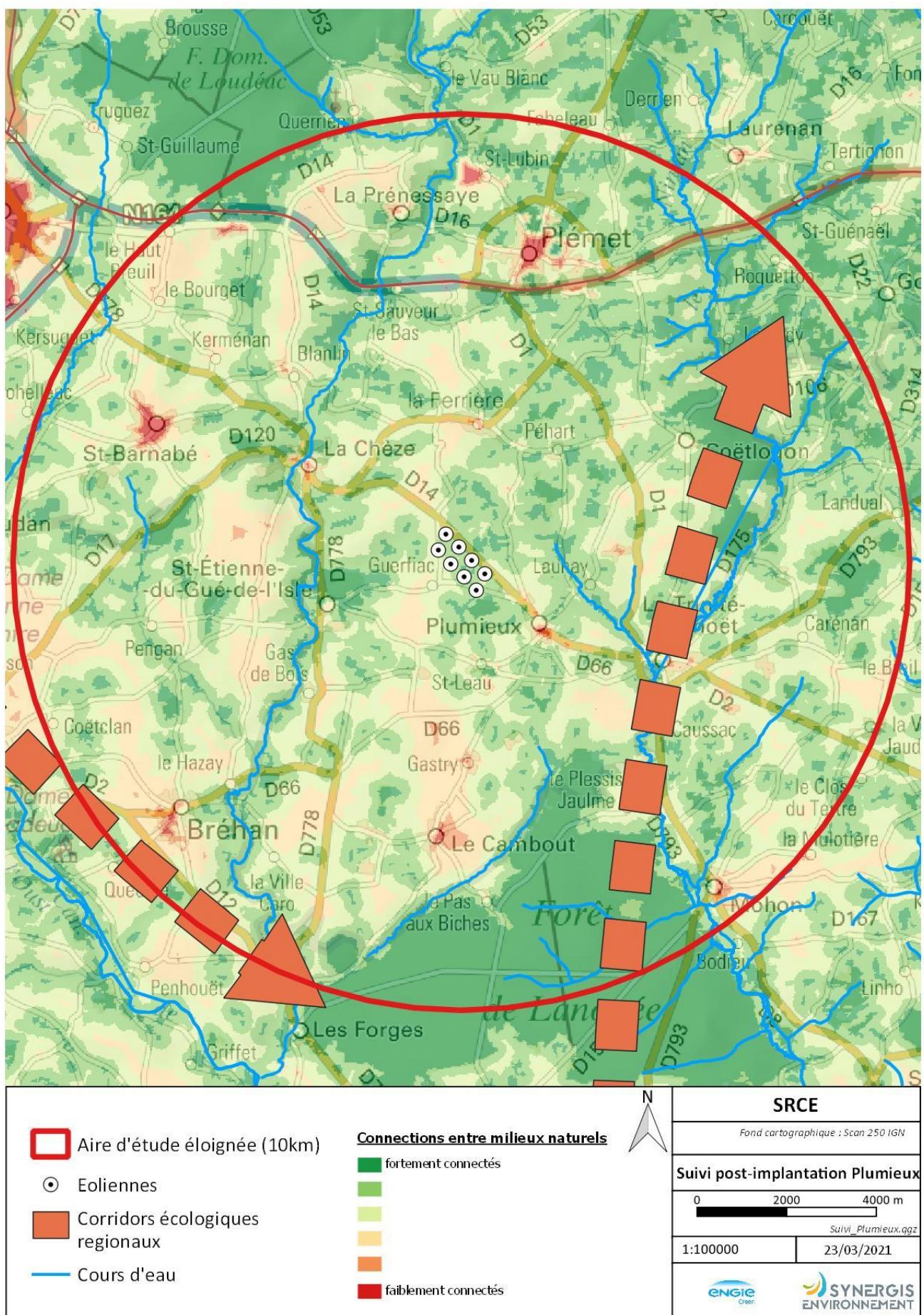


Figure 7 - Corridors écologique du Schéma Régionale de Cohérence Ecologique (SRCE)

III. Cadrage des suivis

Les cadres méthodologie des deux volets de l'étude (« suivi de la mortalité des chiroptères et de l'avifaune » et le « suivi en nacelle de l'activité des chiroptères ») mis en place par Synergis Environnement sont présentés replacés dans le cadre réglementaire s'appuyant sur le document cadre dernièrement validé par le ministère de la transition écologique et solidaire (2018) et le cahier des clauses techniques particulières fourni par d'ENGIE GREEN.

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 (MTES, 2018), reconnu par le ministre chargé des installations classées.

Un suivi standardisé complété sur des périodes adaptées au besoin est prévu pour chaque parc dans les 3 premières années de la mise en service, puis dans la 10^{ème} année. 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 8 éoliennes, avec un minimum de 23 prospections entre mi-mai et octobre, par éolienne. Cette période est la plus sensible en général pour les chiroptères et l'avifaune (périodes de reproduction, de dispersion et de migration post-nuptiale). Les enjeux chiroptérologiques et avifaunistiques mineurs sur le site ne permettent pas de justifier d'un allongement des suivis standard (Tableau 2).

Les parcs éoliens de Plumieux 1 et 2, étant respectivement dans leurs 10^{ème} et 11^{ème} année, font l'objet d'un suivi post-implantation **obligatoire**.

Tableau 2 - Période sur laquelle doit être effectué le suivi de mortalité en fonction des enjeux chiroptérologiques et enjeux avifaunistiques. En rouge le cas pour le parc de Plumieux.

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 proposés

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

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

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

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

- ✓ La disparition des cadavres entre le moment où l'oiseau ou la chauve-souris tombe et le moment de la recherche sur le terrain (prédateur par les charognards, enfouissement par des insectes nécrophages, dégradation rapide par les fortes pluies, enfouissement des cadavres au moment des labours)
- ✓ La difficulté à repérer les animaux, en particulier pour les animaux de petite taille et pendant les périodes où la végétation est la plus haute
- ✓ La réduction ponctuelle de la surface de prospection en fonction des conditions locales

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

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

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

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

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

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

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

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

N_{estimé} : = nombre de cadavres total

C = nombre de cadavres comptabilisés

d = taux de détection

p = taux de persistance durant l'intervalle de suivi

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

S_p : Surface prospectée

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

III.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_a : Nombre de cadavres découverts

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

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

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

III.2.2.2 - Coefficient de déetectabilité (**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 1 ha (100m*100m) pour un carré et de 0,78 ha pour un cercle. En pratique, des éléments comme une végétation trop haute, un traitement par biocide au mauvais moment, etc., empêchent l'observateur d'accéder à certaines parcelles.

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

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

III.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. \bar{t} est la durée moyenne de persistance des cadavres.

Formule de Jones

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

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

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

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

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

Sa valeur vaut donc : $\hat{I} = \log(-0.01 \times \bar{t})$

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

Formule de Huso

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

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

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

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 étonnantes, voire incohérents. En premier lieu, les calculs donnent des résultats décimaux (qui sont arrondis dans le texte), pour des nombres de cas de mortalité.

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

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

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

La médiane, cas théorique le moins extrême. Il y a autant de cas théoriques avec une mortalité moindre qu'avec une mortalité supérieure.

L'intervalle de confiance (IC) de 80%, borné par 2 valeurs (IC 10 et IC 90), qui indique que 80% des cas théoriques testés sont situés entre les 2 bornes. Dans la plupart des cas, la situation réelle est dans cet intervalle. Plus cet intervalle est grand, moins les résultats sont certains. Cet intervalle, dans ce contexte, joue le rôle de définir le minimum et le maximum.

L'intervalle de confiance de 95%, borné par les 2 valeurs (IC 2,5 et IC 97,5). Il indique donc que 95% des cas théoriques testés sont situés entre ces 2 bornes.

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

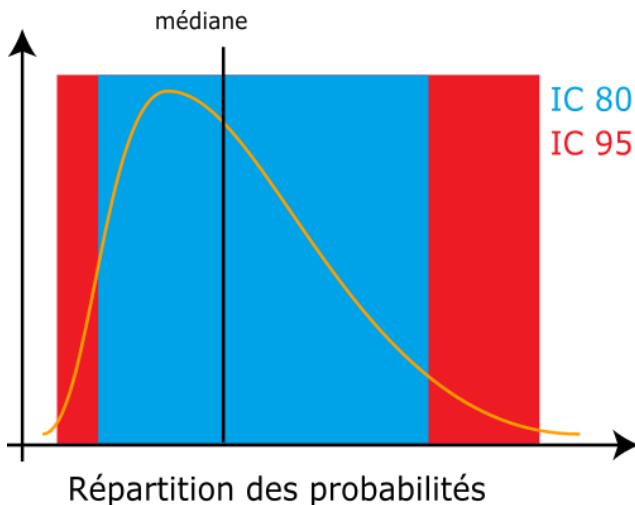


Figure 8 – Répartition des probabilités en fonction d'une valeur théorique de mortalité réelle

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

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

III.3 Spécificité des suivis de mortalité Synergis Environnement

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 30 cm de haut sont écartées.

Le suivi court de mi-mai 2020 à fin octobre 2020 (semaine 20 à semaine 43) et à lieu une fois par semaine le lundi.

III.3.2 - Prise en compte du type de surface

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

Pour ceci, 5 types de surface sont définis :

- Surfaces planes (voies, certaines plateformes, champs labourés nivelés)
- Végétation basse (moins de 15 cm, moins de 25 cm avec un port dressé et un recouvrement inférieur à 20%, sol nu très irrégulier)
- Végétation moyenne (plus de 15 cm ou plus de 25 avec port dressé, mais moins de 30 cm de hauteur moyenne)
- Végétation haute (plus de 30 cm, mais pouvant être parcouru)
- Inaccessible (fourré dense, zone clôturée...)

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

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

Tableau 3 – Exemple de notation des types de couvert pour une éolienne

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

III.3.3 - 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).

III.3.3.1 - Limites du test de détection du protocole

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

III.3.3.2 - Adaptation du test de détection

Synergis Environnement 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 (III.3.1 -).

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 1h/ha). Ceci limite le biais observateur averti, puisque celui-ci, au courant par principe du test en cours, ne peut augmenter sensiblement son temps de recherche et ainsi intensifier celle-ci.
- Le nombre de leurres cumulés sur plusieurs tests augmente la fiabilité du coefficient de détectabilité (en principe 20 à 30 leurres par test).

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

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

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



Figure 9 – Leurre fabriqué en tissu

Source : photo ALTHIS

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

III.3.4.1 - Principe

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

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

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

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

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

A : Coefficient correcteur de surface

S_p : Surface prospectée journalière en surface plane

S_b : Surface prospectée journalière en végétation basse

S_m : Surface prospectée journalière en végétation moyenne

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

d : Coefficient composite de détectabilité des observateurs

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

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

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

Tableau 5 – Exemple de calculs de A et d

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

III.3.4.2 - Mise en œuvre

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

Les données sont à fournir sous une forme précise :

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

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

III.3.4.3 - Utilisation des coefficients de détectabilité composites

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

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

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

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

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

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 ($\frac{1}{2}$ 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)
- 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 et activité de l'éolienne) sont relevées par séquences de 10 minutes. Les séquences renseignent des changements sur un pas de temps beaucoup plus fin que celui du suivi de mortalité, qui est de l'ordre de la semaine. Les moyennes et les extrêmes enregistrés au cours de cet intervalle long ne sont pas très pertinents. Cependant, la séquence n'est pas une échelle de restitution adaptée.

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

A l'échelle des pas de temps restitués (nuit, semaine, mois), il est possible alors de calculer une fréquence des résultats sur le pas de temps considéré (X% de séquences favorables). Ces indicateurs par pas de temps permettent de les analyser et 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.3.4.4 - Vent favorable à l'activité des chiroptères

La limite de vent favorable de référence, pour les chiroptères et plus précisément pour les *Pipistrellus ssp.*, est de 7 m/s à hauteur de nacelle. Cette limite théorique issue de la bibliographie peut être ajustée avec la répartition des séquences avec contacts en fonction du vent.

L'analyse de l'activité des chiroptères en nacelle a mis en évidence que 98% des contacts se sont fait sous un vent inférieur à 4 m/s.

Les 3 mesures de vent (minimal, moyen et maximal) sont intégrées dans un même indicateur selon le Tableau 6 suivant.

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

Mesures du vent		Conditions de vol	Forme simplifiée
Vent moyen (< 4 m/s)	Vent max. (<4 m/s)	Très favorable	Favorable
	Vent max. (>4 m/s)	Favorable	
Vent moyen (>4 m/s)	Vent min. (<4 m/s)	Peu favorable	Défavorable
	Vent min. (>4 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.

III.3.4.5 - Danger associé au fonctionnement éolien

Les éoliennes modernes ont une utilisation optimale du vent. Dès que celui-ci est suffisant, elles tournent à un régime assez soutenu (plus de 7 tours par minute), qui donne une vitesse linéaire en extrémité de pale vite supérieure à 80 km/h. Les seuls mouvements peu dangereux sont donc ceux en roue libre à faible vitesse, et il n'y a pas vraiment d'activité intermédiaire (Figure 24). Il est cependant possible de graduer le dépassement d'un seuil, selon s'il concerne les activités maximales, moyennes ou minimales.

Un seuil de 6 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 7).

Tableau 7 - Danger en fonction du fonctionnement des éoliennes

Vitesse de rotation	Danger	Forme simplifiée
Moyenne (< 8 tr/min)	Maximale (< 6 tr/min)	Très faible
	Maximale (> 6 tr/min)	Peu élevé
Moyenne (> 8 tr/min)	Minimale (< 6 tr/min)	Élevé
	Minimale (> 6 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.4 Méthodologie du suivi en nacelle des chiroptères

III.4.1 - Rappel de la commande

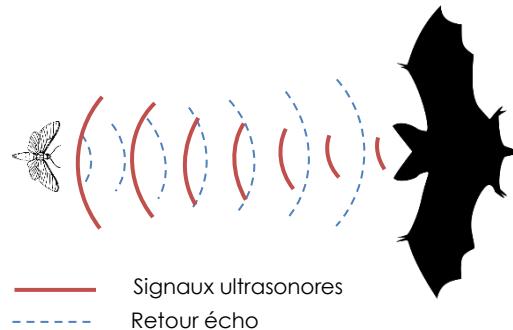
Il s'agit d'un suivi à hauteur de nacelle. Un enregistrement de l'activité des chiroptères doit être réalisé en continu (sans échantillonnage) entre les semaines 20 à 43 (début mi-mai à fin octobre). À noter que l'accès aux nacelles ne peut se faire sans une personne habilitée. Ainsi, la mise en place du Batcorder sur le parc de Plumieux a dû se faire en présence du personnel de la société Engie Green et l'enregistreur a été installé sur l'éolienne 2.

▪ Protocole mis en œuvre

III.4.1.1 - Principe d'écholocation chez les chauves-souris et suivis par acoustique

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

Figure 10 - Principe de l'écholocalisation des chiroptères



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

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

III.4.1.2 - 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)

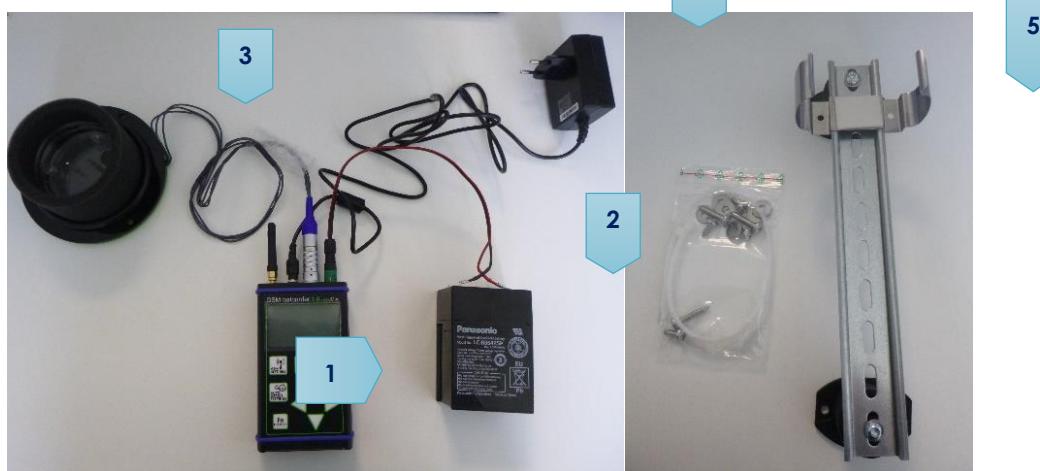


Figure 11 - À gauche : ensemble du matériel d'enregistrement ; À droite : barre de fixation

Installation

Le module GSM-Batcorder se place donc dans la nacelle des éoliennes 2, 5 et 10. 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 E1 du parc éolien de Plumieux, le 15 mai 2020. 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.

III.4.1.3 - Analyse des signaux et identification des espèces

Plusieurs centaines de séquences sont obtenues à la fin de l'étude. Cependant, toutes ne correspondront pas à l'enregistrement de chauves-souris, mais à des bruits « parasites » dus à l'éolienne. Le logiciel BcAdmin couplé au logiciel BatIdent (EcoObs) permet de faire le tri dans ces fichiers-ci.

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

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

La détermination manuelle, à l'aide de l'onglet « visualisation » du logiciel BcAdmin, permet d'obtenir des informations plus précises telles que les fréquences initiales et terminales, les intervalles entre les signaux, afin d'identifier l'espèce dont il est question sur l'enregistrement.

Cependant, il n'est pas toujours possible d'aboutir à une espèce sur certains fichiers, 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 8 - 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. De plus, afin de lisser les biais liés à la distance de détection des espèces, il est choisi d'appliquer un coefficient de correction par espèce. En effet, la distance de détection s'avère différente en fonction des espèces. Un petit rhinolophe ne sera pas capté au-delà de 5m du micro tandis qu'une noctule commune sera enregistrée jusqu'à 150m. La probabilité de contacter une noctule commune sera donc beaucoup plus élevée que celle de rencontrer un petit rhinolophe. Les coefficients appliqués seront ceux préconisés par Michel Barataud dans son livre « Ecologie acoustique des chiroptères d'Europe » (2015).

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

Tableau 9 - Tableau des distances de détection des chauves-souris en fonction des espèces et leur coefficient de détectabilité en fonction du milieu

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

Source : Barataud, 2015

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

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

Tableau 10 - Calcul du niveau d'activité en altitude

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

Tableau 11 - Calcul du niveau de richesse spécifique

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

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

Le seuil d'activité est calculé en multipliant le nombre de contacts par le coefficient de détectabilité.

Tableau 12 - Évaluation du seuil d'activité au sol pour chaque espèce de chauves-souris en Bretagne

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

Légende :

tout milieu	milieu ouvert	milieu semi-ouvert	milieu fermé

IV. Résultats des suivis

IV.1 Suivi de mortalité des chiroptères et de l'avifaune

IV.1.1 - Protocole mise en œuvre

Fréquence de suivis

Les interventions ont été réalisées de mi-mai à fin octobre (semaine 20 à 43), avec 23 interventions au cours de l'année 2020.

Tableau 13 - Planning de réalisation du suivi de mortalité

Dates	Intervenants
11/05/2020	Maude Herman
18/05/2020	Maude Herman
25/05/2020	Maude Herman
01/06/2020	Maude Herman
08/06/2020	Maude Herman
15/06/2020	Maude Herman
22/06/2020	Maude Herman
29/06/2020	Maude Herman
06/07/2020	Maude Herman
20/07/2020	Maude Herman
27/07/2020	Maude Herman
03/08/2020	Maude Herman
10/08/2020	Maude Herman
17/08/2020	Maude Herman
24/08/2020	Maude Herman
31/08/2020	Maude Herman
07/09/2020	Margaux Féon
14/09/2020	Maude Herman
21/09/2020	Maude Herman
28/09/2020	Maude Herman
05/10/2020	Maude Herman
12/10/2020	Maude Herman
19/10/2020	Maude Herman

Protocole de terrain

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

Les prospections s'effectuent à pied sous les 8 aérogénérateurs. La surface à prospecter correspond à un carré de 100 m x 100 m, soit une surface de 1 ha autour de chaque éolienne (Figure 12). Il est considéré que cette surface est suffisante pour obtenir une valeur précise de la mortalité induite par les éoliennes.

Pour réaliser cette prospection, l'observateur utilise une tablette de terrain munie d'un logiciel de cartographie (QGIS) et d'un GPS. Chaque éolienne est entourée par un quadrat (périmètre de la surface à prospecter). Celui-ci est ligné par des transects (Figure 13 et Figure 14). 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.

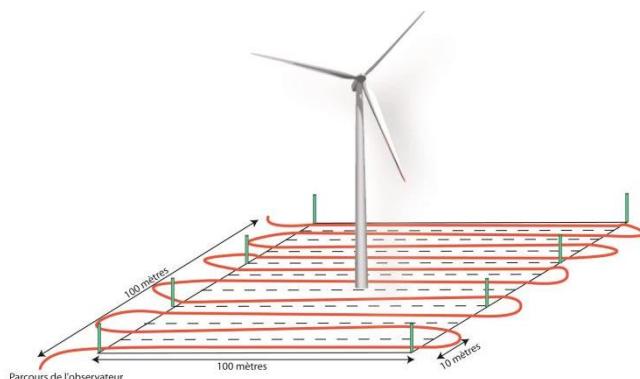


Figure 12 - Schéma de principe des recherches de terrain

Source : LPO, 2004

Pour toutes les journées de suivi et pour chaque aérogénérateur, une base de données est remplie, même en l'absence de cadavre. Elle contient entre autres : la date, le prospecteur, et au besoin, l'espèce localisée, une estimation de son âge, son état, etc.

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

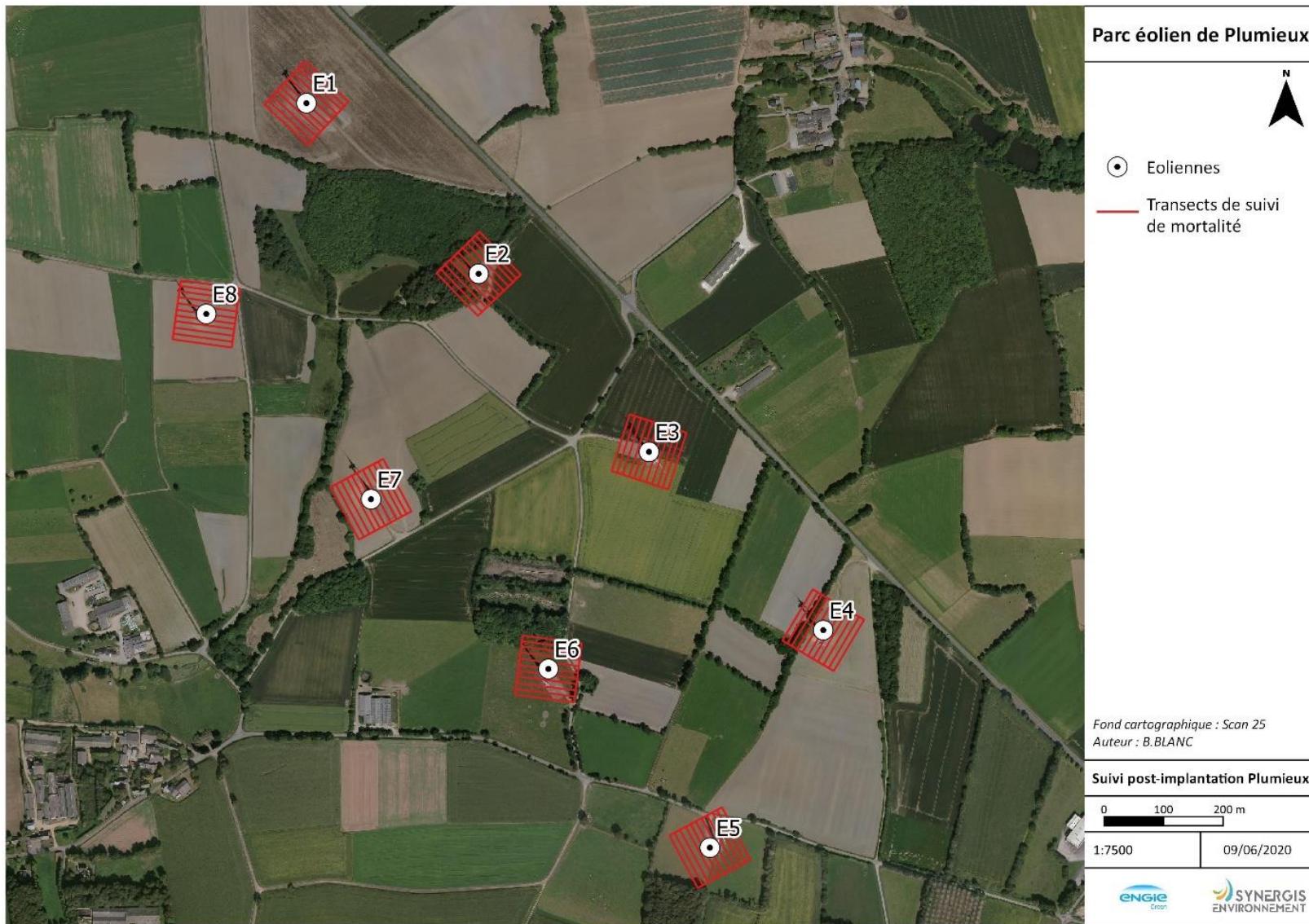


Figure 13 - Localisation des quadrats du suivi de mortalité du site éolien de Plumieux



Figure 14 – Exemple de transect réalisé au pied de l'éolienne E1 éolien du parc de Plumieux

IV.1.1.1 - Test de détection

Le test de détection permet d'établir le coefficient de détectabilité (Tableau 14). Celui-ci est personnel, associé à un intervenant et varie aussi selon l'occupation du sol (couvert végétal).

Tableau 14 – Résultats des tests de détection par intervenant et types de surfaces

Intervenants	Surface plane	Surface basse	Surface moyenne
Maude Herman	0,9	0,55	0,44
Margaux Féon	0,9	0,41	0,40

IV.1.1.2 - Test de persistance

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

La durée moyenne de persistance des cadavres est calculée ainsi :

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

Deux tests ont été menés, en début et fin de période de suivi.

Tableau 15 - Planning de réalisation des tests de persistance

Dates	Intervenants	Interventions
06/07/2020	Maude Herman, Kilian David	Mise en place du test
07/07/2020	Kilian David	Contrôle
08/07/2020	Kilian David	Contrôle
10/07/2020	Kilian David	Contrôle
13/07/2020	Kilian David	Contrôle
24/07/2020	Kilian David	Contrôle
28/09/2020	Maude Herman	Mise en place du test
29/09/2020	Bastien Blanc	Contrôle
30/09/2020	Bastien Blanc	Contrôle
05/10/2020	Maude Herman	Contrôle
09/10/2020	Bastien Blanc	Contrôle
12/10/2020	Maude Herman	Contrôle

IV.1.2 - Occupation du sol au pied des éoliennes

Deux types de couverts sont majoritairement présents (Tableau 16) : les prairies et les cultures.

Les prairies sont majoritaires avec 53% de la surface totale des quadrats. Ce sont des prairies principalement de fauches avec quelques-unes pâturées (Figure 15 et

Figure 16).

Les cultures, de maïs et de blé représentent 28% de la surface.

Les boisements, comprenant les bosquets et les haies arborées, représentent 7% de la surface totale.

Ces différents couverts fluctuent en hauteur au fil du suivi. Ce qui n'est pas le cas des voiries et des zones rudérales comprenant les plateformes et les chemins d'accès. Ces zones correspondent à 12 % de la surface totale.

Tableau 16 - Types d'habitats rencontrés et surfaces associées

Typologie simplifiée des habitats	Surface (en ha)	Pourcentage
Prairie	4,212	53%
Cultures	2,271	28%
Zone rudérale	0,98	12%
Boisement	0,533	7%

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

- les voiries et plateformes sont considérées comme des « surfaces planes » ;
- les prairies sont en « végétation basse », « végétation moyenne » ou « végétation haute », selon la période ;
- les cultures sont peuvent être considérées comme « non prospectable », « surface plane », « végétation basse », « végétation moyenne » ou « végétation haute », selon la culture et son développement ;
- les haies et boisements sont classés comme « non prospectable ».



Figure 15 - Habitats simplifiés dans les quadrats des éoliennes E1, E2, E7 et E8 du site de Plumieux



Figure 16 - Habitats simplifiés dans les quadrats des éoliennes E4 à E6 du site de Plumieux

IV.1.3 - Surfaces prospectées

La surface globale prospectée est globalement homogène au cours de la période de prospection (médiane : 4,50 ha), avec cependant quelques disparités (Figure 17). La semaine 27 avec plus de 7 ha est le moment où la surface prospectée est la plus élevée, notamment dû à la fauche de plusieurs prairies. Au contraire, la semaine 30, avec la repousse de certaines prairies non pâturées pendant un certain temps et la pousse du maïs, est la semaine où la surface prospectée est la plus faible. Le maximum possible prospectable, 8 ha, n'est jamais atteint.

Les semaines à faibles surfaces prospectées correspondent aux périodes où les prairies et les cultures présentent une hauteur de végétation trop haute et/ou trop dense pour être parcourues et/ou en activité agricole (présence de bétail, fauche en cours). A contrario, les semaines plus largement prospectées correspondent aux moissonnages des cultures et à la fauche des prairies.

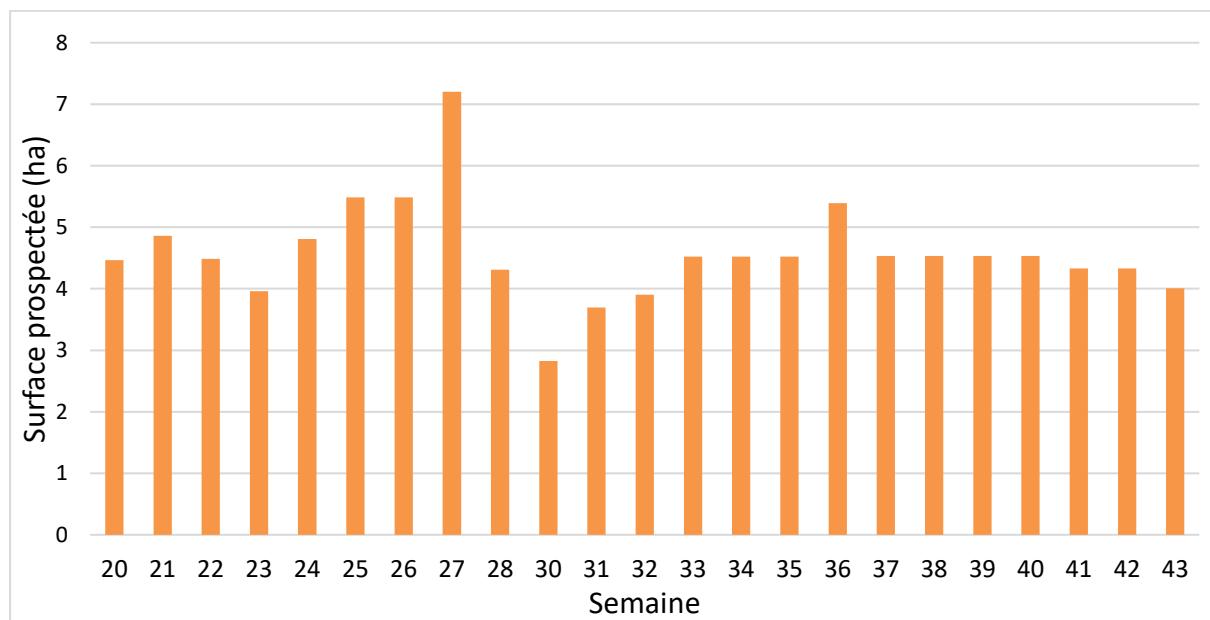


Figure 17 - Représentation de la surface prospectée en fonction des dates d'inventaires

Les éoliennes dont les surfaces de prospections de 1ha ont été les plus élevées, au cours du suivi de 2020, sont respectivement E7 (moyenne : 0,81 ha), E6 (moyenne : 0,77 ha), E3 (moyenne : 0,66 ha) et E2 (moyenne : 0,49 ha ; Figure 18). Ces éoliennes sont principalement entourées de prairies pâturés. Les autres éoliennes avec de grandes surfaces de maïs semées au début des suivis et toujours pas moissonnées à la fin des suivis à réduit les surfaces prospectables.

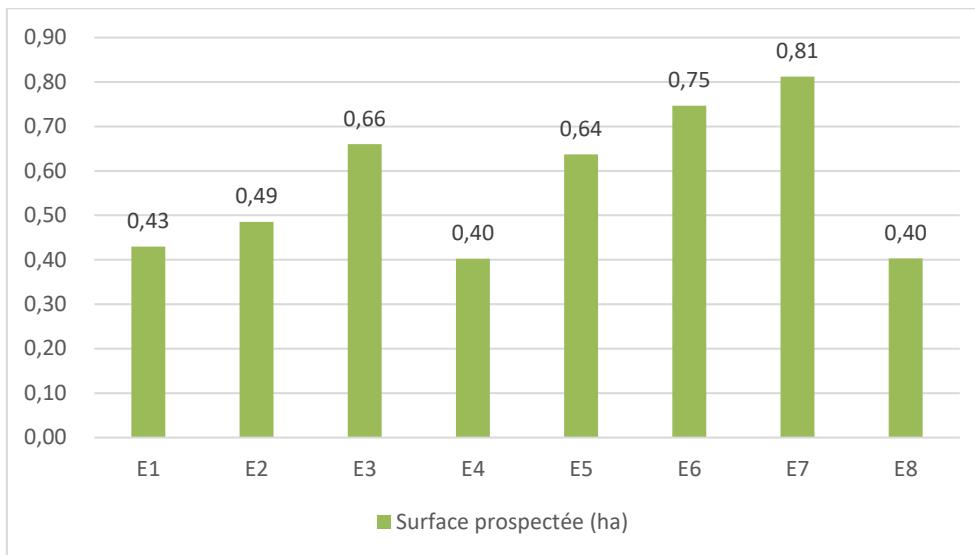


Figure 18 - Moyenne des surfaces prospectées par éoliennes

IV.1.4 - Coefficients de correction

IV.1.4.1 - Test de détection

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

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

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

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

L'intervenant principal a été testé sur un total de 90 leurres lors des deux tests génériques. Ces tests ont été mis en place sur un total de linéaire de 1034m. Les résultats des tests sont utilisés directement dans le Tableau 19 – Taux de détection composite par éolienne.

IV.1.4.2 - Test de persistance

Le test consiste à disperser, comme proies, des cadavres de 10 poussins et 10 souris au pied des éoliennes, dans la zone prospectée, et à suivre leur disparition progressive. Le premier test a été mené le 6 juillet ; le second le 28 septembre (Tableau 17). Ces deux tests ont été réalisés sur l'intégralité du parc.

Tableau 17 - Tests de persistance

Tests	Date de passage	Nbre de proies restantes	Persistance (j)	Persistance moyenne(j)
Test 1 du 6 juillet	06/07/2020	20	-	5,7
Test 1	07/07/2020	17	0,5	
Test 1	08/07/2020	14	1,5	
Test 1	10/07/2020	8	3	
Test 1	13/07/2020	5	5,5	
Test 1	24/07/2020	5	14	
Test 2 du 28 Septembre	28/09/2020	19	-	7,3
Test 2	29/09/2020	19	0,5	
Test 2	30/09/2020	16	1,5	
Test 2	05/10/2020	12	3	
Test 2	09/10/2020	3	5,5	
Test 2	12/10/2020	0	14	

Les deux tests montrent une persistance moyenne (Figure 19 et Figure 20), avec toutefois une persistance plus faible en juillet (5,7 jours) comparé à septembre (7,8 jours).

Le taux de persistance global est de 6,7 jours sur le parc éolien de Plumieux.

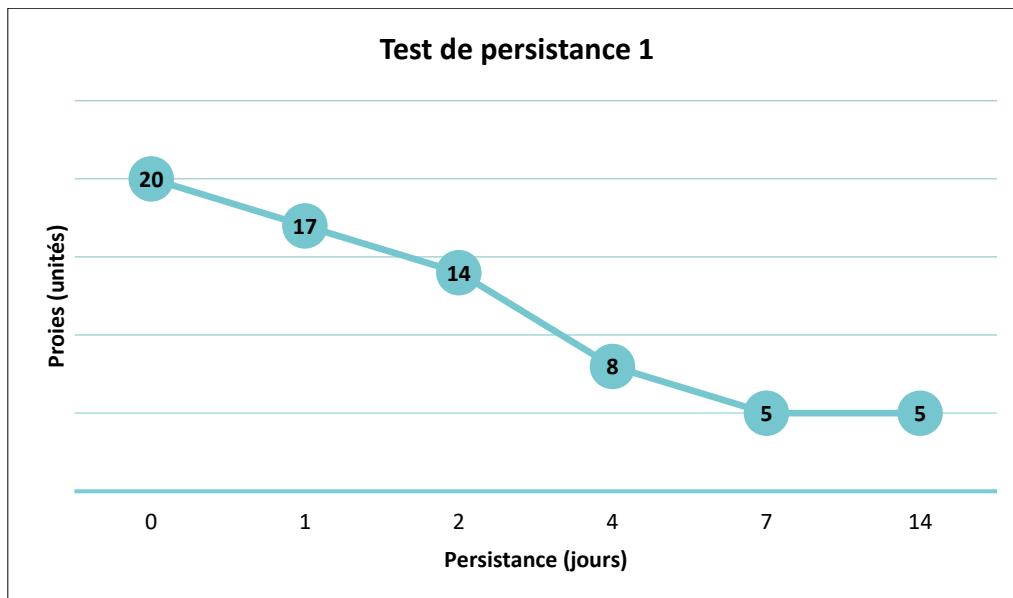


Figure 19 - Test 1, nombre de cadavres restant par jour

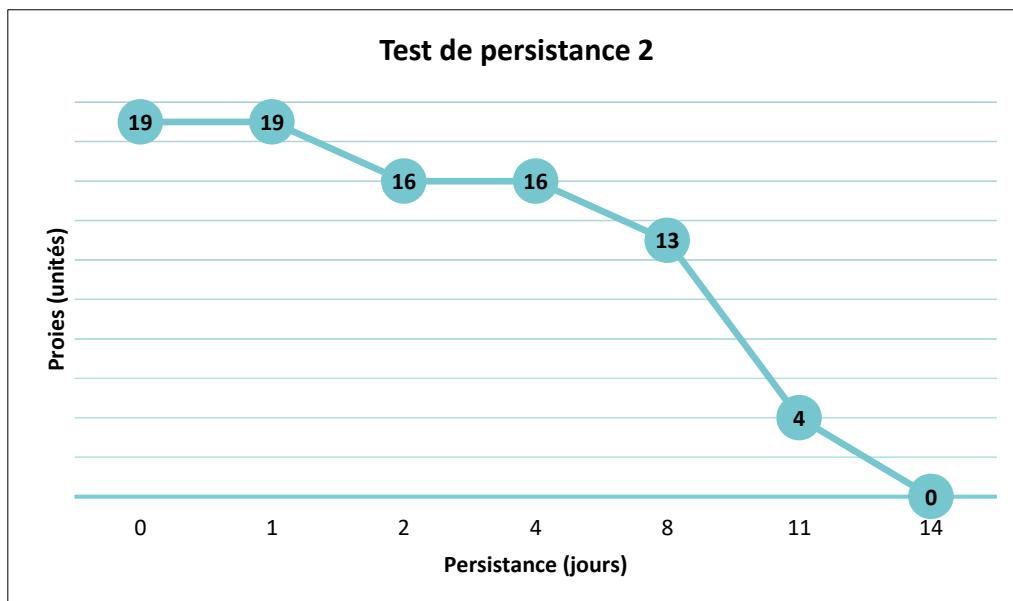


Figure 20 - Test 2, nombre de cadavres par jour

IV.1.5 - Prise en compte conjointe de la détectabilité et du couvert

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

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

On constitue ainsi un taux de détection composite par journée, en pondérant les taux de détection par les surfaces associées au type de couvert (Tableau 18). La moyenne de ces taux sur la durée du suivi sera prise en compte par éolienne et pour l'ensemble du parc.

Tableau 18 - Taux de détection composite par prospection (exemple d'une partie du suivi de E2)

Date d'inventaire	Nom	Surface plane %	Surface basse %	Surface moyenne %	Surface haute %	Surface inaccessible %	% surface suivi mortalité
11/05/2020	Maude Herman	13,23	0,00	0,00	0,00	13,23	0,50
18/05/2020	Maude Herman	13,23	0,00	0,00	0,00	13,23	0,50
25/05/2020	Maude Herman	16,98	0,00	0,00	0,00	16,98	0,50
01/06/2020	Maude Herman	16,98	0,00	0,00	0,00	16,98	0,38
15/06/2020	Maude Herman	16,92	0,00	14,17	0,00	31,09	0,38

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

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

Les tests initiaux ayant porté sur 90 leurre, le calcul d'un nombre de leurre théoriquement détecté dans chaque cas permet de fournir un chiffre au programme de calcul (nombre trouvé en détection ; Tableau 19).

Tableau 19 – Taux de détection composite par éolienne

Eolienne	Taux de détection composite	Détection théorique
E1	0,265	23,855
E2	0,296	26,600
E3	0,350	31,474
E4	0,238	21,393
E5	0,337	30,369
E6	0,415	37,314
E7	0,406	36,566
E8	0,229	20,568
Parc	0,317	28,517

IV.1.6 - Données de mortalité constatée

Durant le suivi 2020 sur le parc de Plumieux et de ses 8 éoliennes, **cinq cas de mortalité** ont été enregistrés. **Trois cas portés sur des oiseaux** dont deux concernent des cadavres de martinet noir, *Apus apus*. Le troisième cadavre est un étourneau sansonnet, *Sturnus vulgaris*. Les **deux autres cadavres, des chiroptères**, appartiennent au groupe des *Pipistrellus*. Une seule a été déterminée à l'espèce, *Pipistrellus pipistrellus*, pipistrelle commune. Deux cadavres sont retrouvés sous E5 et E1 et un cadavre sous E8.

Tableau 20 - Bilan des cadavres retrouvés lors des suivis de mortalités

Date	Espèce retrouvée	Eolienne
29/06/2020	martinet noir, <i>Apus apus</i>	E5
03/08/2020	étourneau sansonnet, <i>Sturnus vulgaris</i>	E5
03/08/2020	martinet noir, <i>Apus apus</i>	E8
14/09/2020	pipistrelle commune, <i>Pipistrellus pipistrellus</i>	E1
28/09/2020	Pipistrelle sp., <i>Pipistrellus sp.</i>	E1

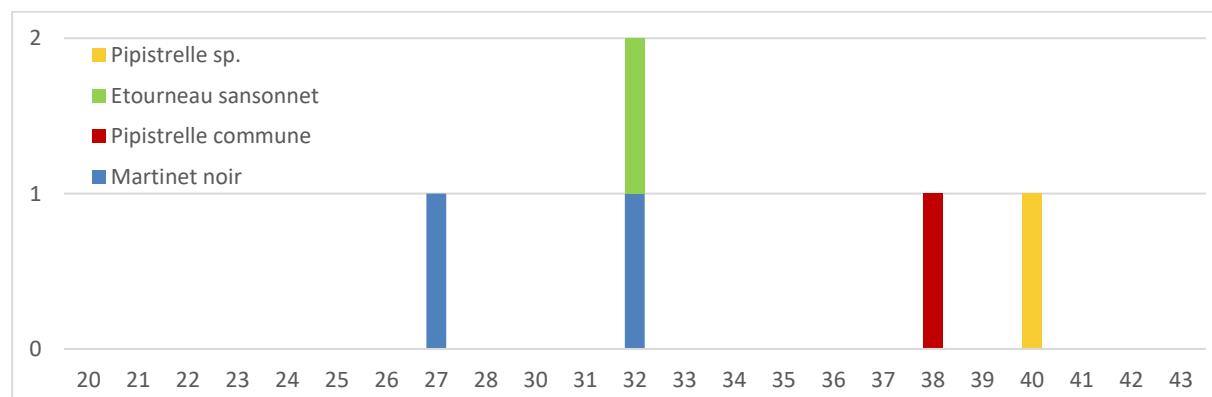


Figure 21 - Chronologie des découvertes de cadavres

Les cadavres d'oiseaux correspondent à des individus adultes reproducteurs étant donné la période de découverte (Figure 21 - Chronologie des découvertes de cadavresFigure 21). Pour ce qui est des chiroptères la période de découverte correspond au déplacement des chiroptères de leurs lieu de reproduction à celui de swarming.

IV.1.7 - Évaluation de la mortalité réelle

IV.1.7.1 - Évaluation pour le parc entier

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

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

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

❖ Chiroptères

Tableau 21 - Estimations de la mortalité réelle des chiroptères sur le parc éolien de Plumieux entre parenthèse le nombre de cadavres découverts lors des prospections

Parc entier					
Formule	Médiane	IC 2,5	IC 97,5	IC 0,10	IC 0,90
Erickson	10,69	0	31,67	0,00	23,19
Huso	16,63	0	48,11	0,00	35,42
Jones	17,42	0	50,64	0,00	37,24
Moyenne	15			0 (2)	32

Pour le parc entier, la mortalité réelle supposée pour les chiroptères est de l'ordre de 15 chauves-souris sur la saison de suivi, avec un chiffre réel probablement situé entre 2 (cadavres retrouvés) et 32 individus.

❖ Avifaune

Tableau 22 - Estimations de la mortalité réelle des oiseaux sur le parc éolien de Plumieux entre parenthèse le nombre de cadavres découverts lors des prospections

Parc entier					
Formule	Médiane	IC 2,5	IC 97,5	IC 0,10	IC 0,90
Erickson	15,36	0	49,92	0,00	35,94
Huso	23,77	0	76,12	0,00	54,59
Jones	24,85	0	79,68	0,00	57,32
Moyenne	21			0 (3)	50



Pour le parc entier, la mortalité réelle supposée pour l'avifaune est de l'ordre de 21 oiseaux sur la saison de suivi, avec un chiffre réel probablement situé entre 3 (cadavres retrouvés) et 50 individus.

IV.1.7.2 - Évaluation par éolienne

Pour l'évaluation de la mortalité par éolienne c'est la moyenne des médianes et des IC80% des différentes simulations qui sont retenus (Tableau 23). Lorsqu'aucun cas de mortalité n'est constaté sous une éolienne il n'est pas possible de calculer d'estimation de la mortalité réelle. Il peut donc être supposé que la mortalité des éoliennes E2, E3, E4, E6 et E7 est proche de zéro.

Tableau 23 - Mortalité réelle supposée par éolienne sur le parc de Plumieux entre parenthèse le nombre de cadavres découverts

E1 - Chiroptère					
Formule	Médiane	IC 2,5	IC 97,5	IC 0,10	IC 0,90
Erickson	17,31	0	52,75	0	37,72
Huso	26,95	0	79,77	0	57,67
Jones	28,21	0	83,92	0	60,42
Moyenne	24			0 (2)	52

E5 - Avifaune					
Formule	Médiane	IC 2,5	IC 97,5	IC 0,10	IC 0,90
Erickson	9,32	0	27,43	0	19,74
Huso	14,5	0	41,38	0	30,05
Jones	15,17	0	43,56	0	31,53
Moyenne	13			0 (1)	27

E8 - Avifaune					
Formule	Médiane	IC 2,5	IC 97,5	IC 0,10	IC 0,90
Erickson	11,51	0	44,05	0	30,65
Huso	17,89	0	66,47	0	46,8
Jones	18,71	0	69,89	0	49,31
Moyenne	16			0 (2)	42

La mortalité réelle supposée pour les chiroptères pour l'éolienne E1 est de l'ordre de 24 individus sur la saison de suivi, avec un chiffre réel probablement situé entre 2 (cadavres découverts) et 52 individus.

La mortalité réelle supposée pour l'avifaune pour l'éolienne E5 est de l'ordre de 13 individus sur la saison de suivi, avec un chiffre réel probablement situé entre 1 (cadavre découvert) et 27 individus.

La mortalité réelle supposée pour l'avifaune pour l'éolienne E8 est de l'ordre de 16 individus sur la saison de suivi, avec un chiffre réel probablement situé entre 2 (cadavres découvert) et 42 individus.

IV.1.8 - Données disponibles pour l'analyse

IV.1.8.1 - Vents et activité des éoliennes

Les horaires de coucher et de lever de soleil sur le parc de Plumieux ont été pris en compte chaque jour pour définir les 5 périodes. La durée de période « journée » et de la nuit sont en conséquence variables, selon l'avancement des saisons.

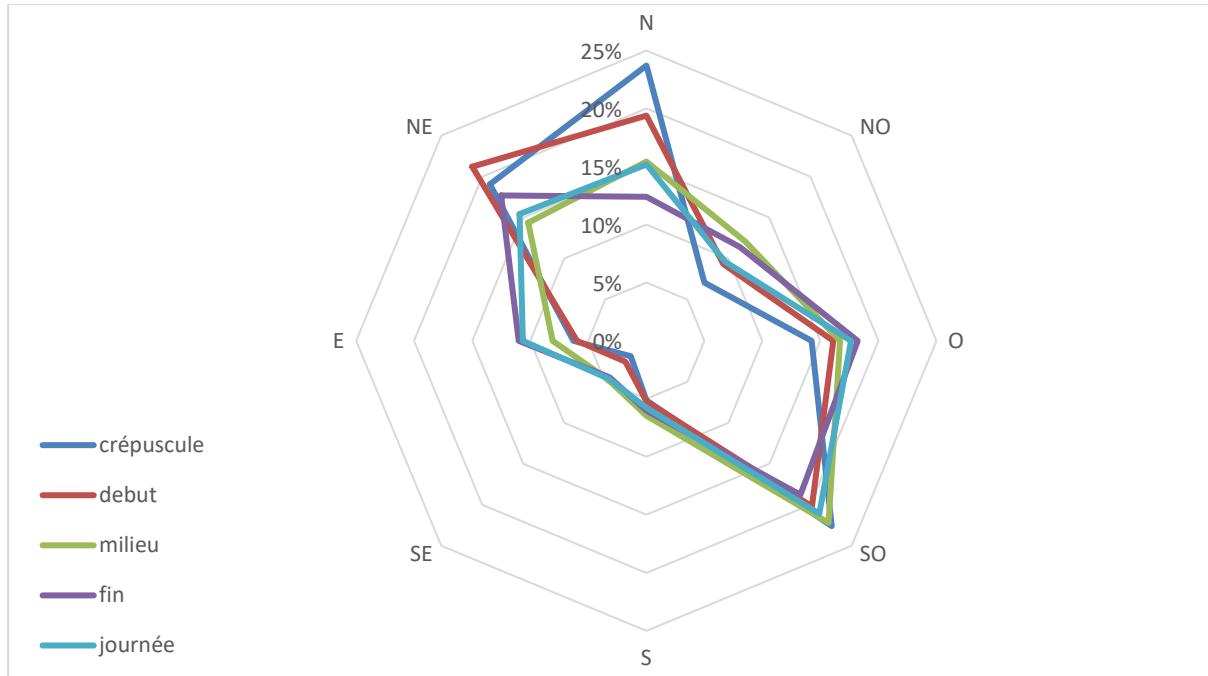


Figure 22 – Répartition du vent en fonction du moment de la nuit ou en période « journée ».

Une 1^{ère} dominance de vents de provenances nord, nord-est et une seconde de direction ouest, sud-ouest sont observées sur le parc de Plumieux (Figure 22)

Lors du crépuscule une proportion plus grande de vents de provenance nord est constatée.

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

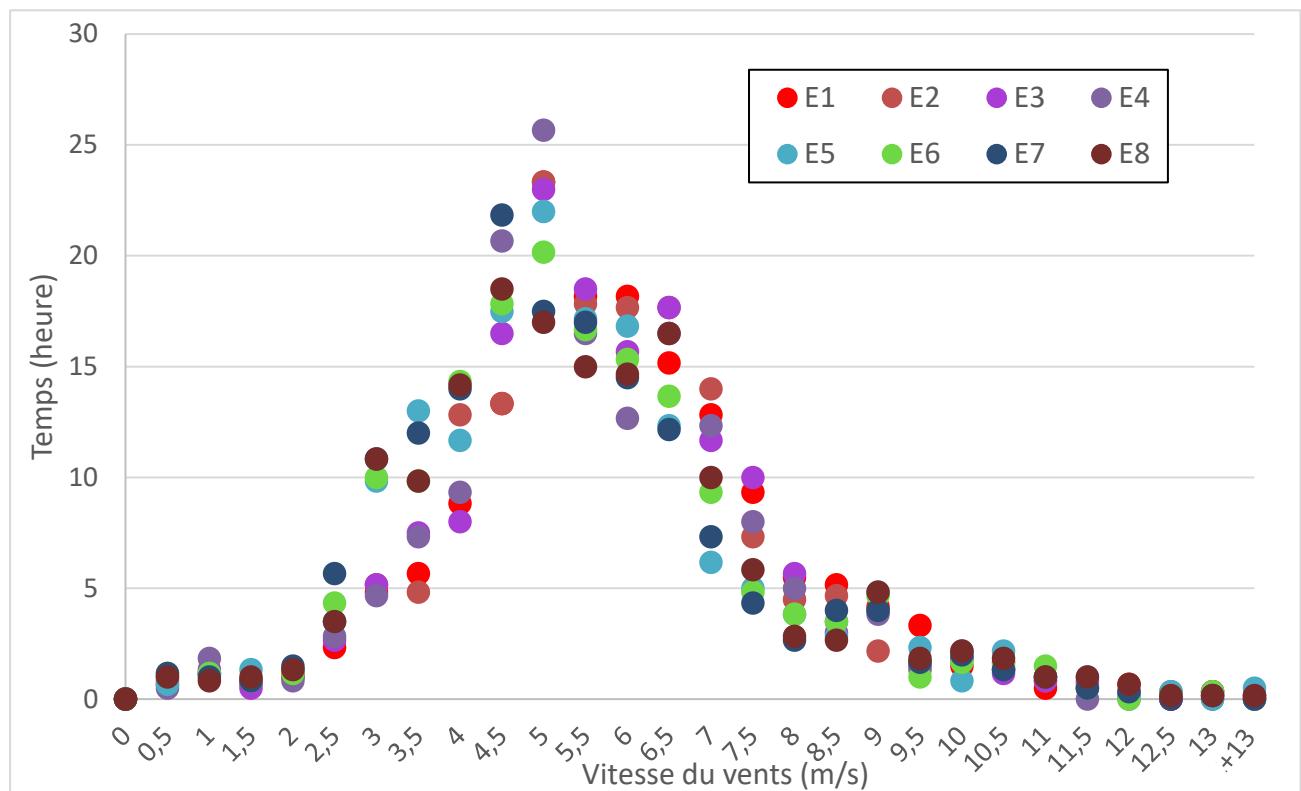


Figure 23 - Vitesse des vents en début de nuit (-0,5h à +3h du coucher du soleil) par éolienne en m/s ; utilisation des moyennes par tranche de 10 minutes. Les classes de vitesses de l'abscisse correspondent à classe 0 : vent de 0 m/s, classe 1,5 :]0 ; 1,5 m/s], classe 2,5 :]1,5 ; 2,5 m/s] ... Classe 13,5 :]12,5 ; 13,5 m/s], classe +13,5 : vent >13,5 m/s.

Sur la période de suivi, en première partie de nuit, le vent a rarement été très fort. Il n'a que rarement dépassé les 13m/s (Figure 23). La moyenne s'établit à 5,55 m/s.

L'observation des vitesses moyennes de vents par tranches de 10min en premières partie de nuit montre qu'un vent inférieur à 3,5 m/s est noté en moyenne par éolienne lors de 13% du temps. Un vent inférieur ou égale à 4,5 m/s est quant à lui nettement plus discriminant il regroupe en moyenne par éolienne à 27% de la période étudiée.

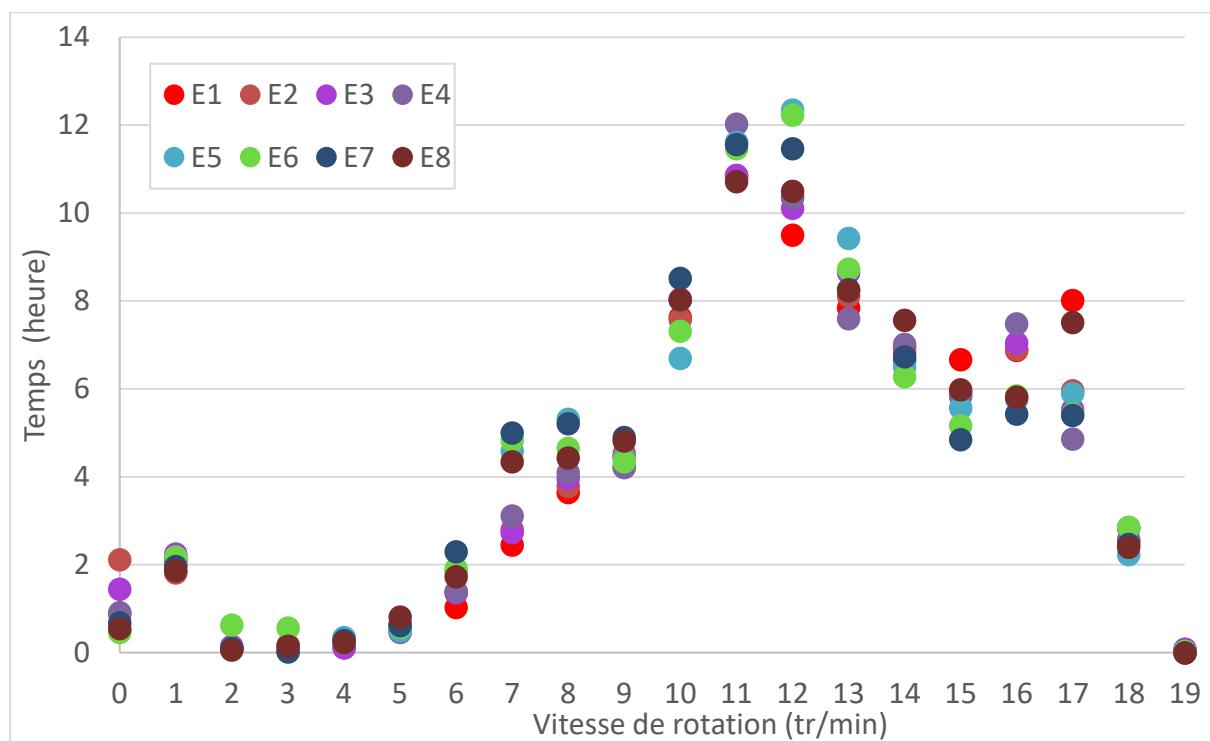


Figure 24 - Niveau d'activité des éoliennes en première partie de nuit (tours/minutes) ; utilisation des moyennes d'activité par tranche de 10min. Les classes de vitesses de rotation de l'abscisse correspondent à classe 0 : rotation de 0 tr/min, classe 1 :]0 ; 1 tr/min], classe 2 :]1 ; 2 tr/min], classe 18 :]17 ; 18 tr/min, classe +18 : >18 tr/min

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

La vitesse de rotation des pales est rapidement élevée même avec des vents réduits (Figure 23 et Figure 24). Une rotation de 7 tr/min signifie une vitesse en bout de pale d'environ 108 km/h et une activité entre 11 et 12 tr/min ce qui est les classes les plus fréquentes, donne une vitesse en bout de pale de 170 à 185 km/h.

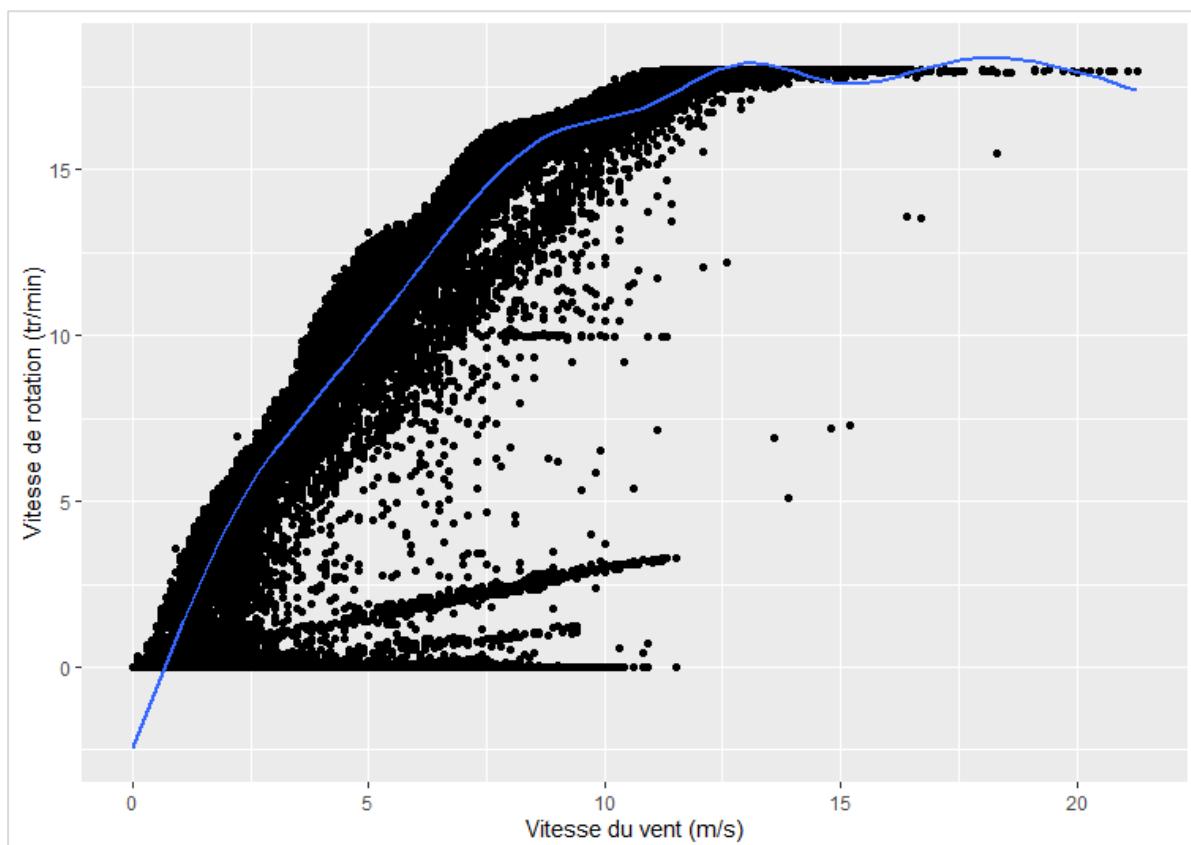


Figure 25 - Relation entre la vitesse du vent et la vitesse de rotation du rotor par tranche de 10 minutes avec application d'un modèle additif généralisé.

Un palier de vitesse de rotation du rotor est peu marqué mais visible (**Erreur ! Source du renvoi introuvable**.Figure 24 et Figure 25). En dessous de 6 tr/min l'activité des éoliennes est limitée, et cela pour des vents environ inférieurs à 3 m/s. Cette première partie d'« activité » est dû à l'effet de « roue-libre » des éoliennes sous une certaine vitesse de vent. Une fois l'éolienne rentrant réellement en activité une relation linéaire entre vitesse du vent et vitesse de rotation du rotor se met en place jusqu'à une limite de capacité d'activité aux alentours de 17 tr/min pour des vents supérieurs à environ 12,5m/s.

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.

V. Analyse

V.1 Suivi de la mortalité

V.1.1 - Répartition par éolienne des cas de mortalité

Il est intéressant de regarder si l'environnement de chaque éolienne diffère et peut avoir un lien avec la mortalité réelle supposée. Le tableau ci-dessous (Tableau 24) mesure la distance minimale entre chaque éolienne et l'élément de relief du paysage le plus proche pouvant favoriser la présence d'oiseaux ou de chauve-souris.

Tableau 24 – Distances des éoliennes aux reliefs paysagers

Eolienne	Éléments de relief paysager le plus proche	Distance minimale
E1	Haies	90m
E2	Boisement	16 m
E3	Haies	112 m
E4	Haies	24 m
E5	Boisement	74 m
E6	Boisement Haies	36 m 61 m
E7	Haies	55 m
E8	Boisement	140 m

L'étude du bureau d'étude Ouest Aménagement (Ouest Am., 2020 ; Figure 26) montre que la grande majorité des éoliennes étudiées (349 au total) sous lesquelles un cadavre est recensé, est située à moins de 100 mètres d'une lisière ; c'est-à-dire d'une haie ou d'un boisement. L'étude met en avant l'importance des 70 premiers mètres dans la découverte des cas de mortalité. Johnson *et al.* (2004) et Morris *et al.* (2010) mettent également en évidence la diminution de l'activité des chiroptères avec l'éloignement à un boisement et notamment à sa lisière.

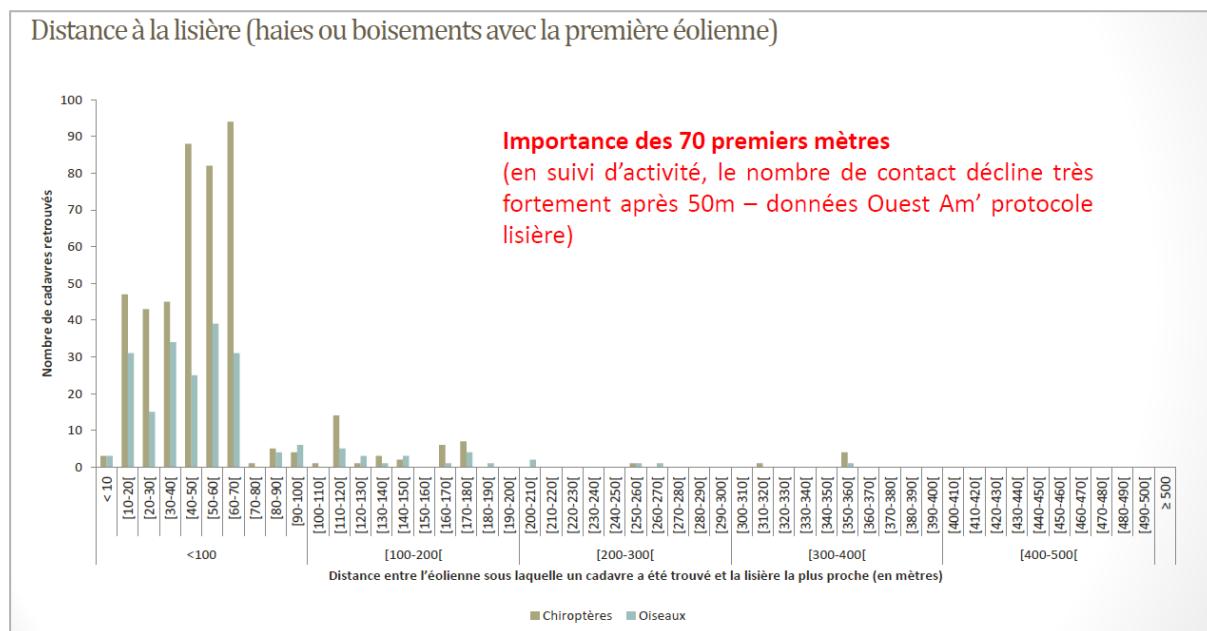


Figure 26 – Nombre de cadavres retrouvés en fonction de la distance éolienne-lisière. (Source: Ouest Am, 2020)

Sur le parc de Plumieux, quatre éoliennes sont situées à une distance inférieure ou égale à 70mètres de la première haie ou boisement (Figure 27).

Les cas de mortalité constatés ne sont pas forcément sur les éoliennes où l'environnement immédiat est le plus favorable (élément de relief paysager proche). Les cas de mortalité sont toutefois situés autour des deux plus grandes entités de boisement autour du parc. Les chiroptères sont très attirés par les boisements et les plans d'eau ce qui peut expliquer que les cadavres soient retrouvés autour du boisement nord comportant en son sein un étang.

L'éolienne E2 et E5 sont à priori les éoliennes les plus à risque en termes d'environnement immédiat ce qui est contredit par le suivi de mortalité mené cette année.



Figure 27 - Cartographies du paysage immédiat aux abords des éoliennes

V.1.2 - Espèces retrouvées

V.1.2.1 - Chiroptères

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

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

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

Selon la compilation de Dürr (2019), la **pipistrelle commune** *Pipistrellus pipistrellus* est l'espèce de chauves-souris la plus impactée numériquement, avec 979 cas recensés en France. À l'échelle européenne, ce sont 2362 cadavres qui ont été retrouvés et c'est en France que la pipistrelle commune est la plus impactée, avec 40% de la totalité des cas.

Sensibilité

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

Vulnérabilité

La vulnérabilité d'une chauve-souris est définie selon son niveau d'enjeu patrimonial (modéré pour la pipistrelle commune) et son niveau de sensibilité. Ainsi, le niveau de vulnérabilité de la pipistrelle commune est considéré comme assez forte.

V.1.2.2 - Avifaune

- L'étourneau sansonnet

Lors du suivi 2020, 1 cadavre d'étourneau sansonnet adulte en plumage nutiale, *Strunus vulgaris*, a été retrouvé, le 03/08/2020. Cette espèce est dans le top 10 des espèces les plus retrouvées lors des suivis de mortalités (Marx G., 2017).

Sensibilité

La sensibilité de l'étourneau sansonnet en période nidification peut s'expliquer par la recherche intensive de nourriture pour sa progéniture. Ce comportement peut conduire à optimiser ces trajets et à ne plus comme à son habitude éviter les zones des pales des éoliennes. De mauvaises conditions météorologiques peuvent limiter la capacité de détection des pales et donc conduire à la collision avec les pales. Le niveau de sensibilité de l'étourneau sansonnet en période de nidification est considéré comme « modéré ». *Sturnus vulgaris* est une espèce dont le nombre de couples nicheur est stable. Cette espèce est classée espèce en préoccupation mineure sur la liste rouge des oiseaux nicheurs en France métropolitaine (IUCN et al., 2016) et classée en préoccupation mineure au niveau régionale (2015). Son enjeu est faible

Vulnérabilité

La sensibilité « modéré » de l'espèce en période de nidification, ses grands effectifs nationaux et son classement dans la catégorie « préoccupation mineure » sur les listes rouges permettent de définir un enjeu de vulnérabilité « faible » pour la période de nidification.

- Le martinet noir

Lors du suivi 2020, 2 cadavres de martinet noir, *Apus apus*, ont été retrouvés, le 29/06/2020 et le 03/08/2020. Cette espèce est la 2^e la plus impactée par les éoliennes, d'après la synthèse LPO (Marx G., 2017), avec 108 cas de mortalité répertoriés sur 38 parcs, répartis sur 22 départements. Les cas de mortalité se concentrent essentiellement lors de la période d'envol des jeunes et de migration (Figure 28), soit entre la mi-juillet et la mi-août (semaine 26 à 31), ce qui correspond à ceux trouvés cette année sur le parc.

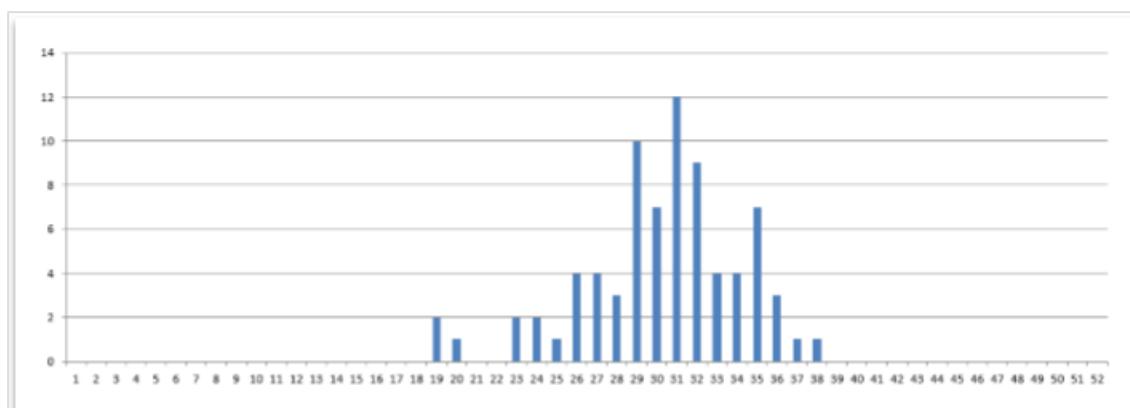


Figure 28 – Chronologie des découvertes de martinet noir au niveau national (Marx, 2017)

Sensibilité

Cette prédominance des martinets noirs dans les cas de mortalité recensés peut sembler étonnante au premier abord puisqu'il s'agit d'un oiseau extrêmement rapide et agile en vol. Toutefois, cette espèce a tendance à tenter la traversée des parcs – plutôt que de les contourner – et est soumise aux turbulences et à la dynamique des courants thermiques. Il est de plus possible qu'un certain nombre d'individus soient impactés lors de déplacements nocturnes. Le niveau de sensibilité du martinet noir est considéré comme « fort ».

Vulnérabilité

En période de migration postnuptiale, l'enjeu patrimonial du martinet noir est défini comme « faible ». La sensibilité forte qui lui est conférée permet de définir la vulnérabilité de cet oiseau comme « modérée » en période de migration postnuptiale et « faible » en dehors de celle-ci.

V.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 et plus ou moins sur les côtés.

Il n'est donc pas possible de faire un lien direct entre la position d'un cadavre et le fonctionnement de l'éolienne. Néanmoins, on peut estimer que statistiquement, il y a corrélation entre l'orientation générale de l'aérogénérateur et la disposition des cadavres. Les positions des cadavres par rapport à leur éolienne de découverte sont compilées et illustrées par la Figure 29 autour d'un seul point.

La dominance constatée des vents provenant globalement de deux directions : nord, nord-est et ouest, sud-ouest ne permet pas de confirmer cette hypothèse.

Le faible nombre de cadavres découverts ne permet pas de conforter cette hypothèse de départ.

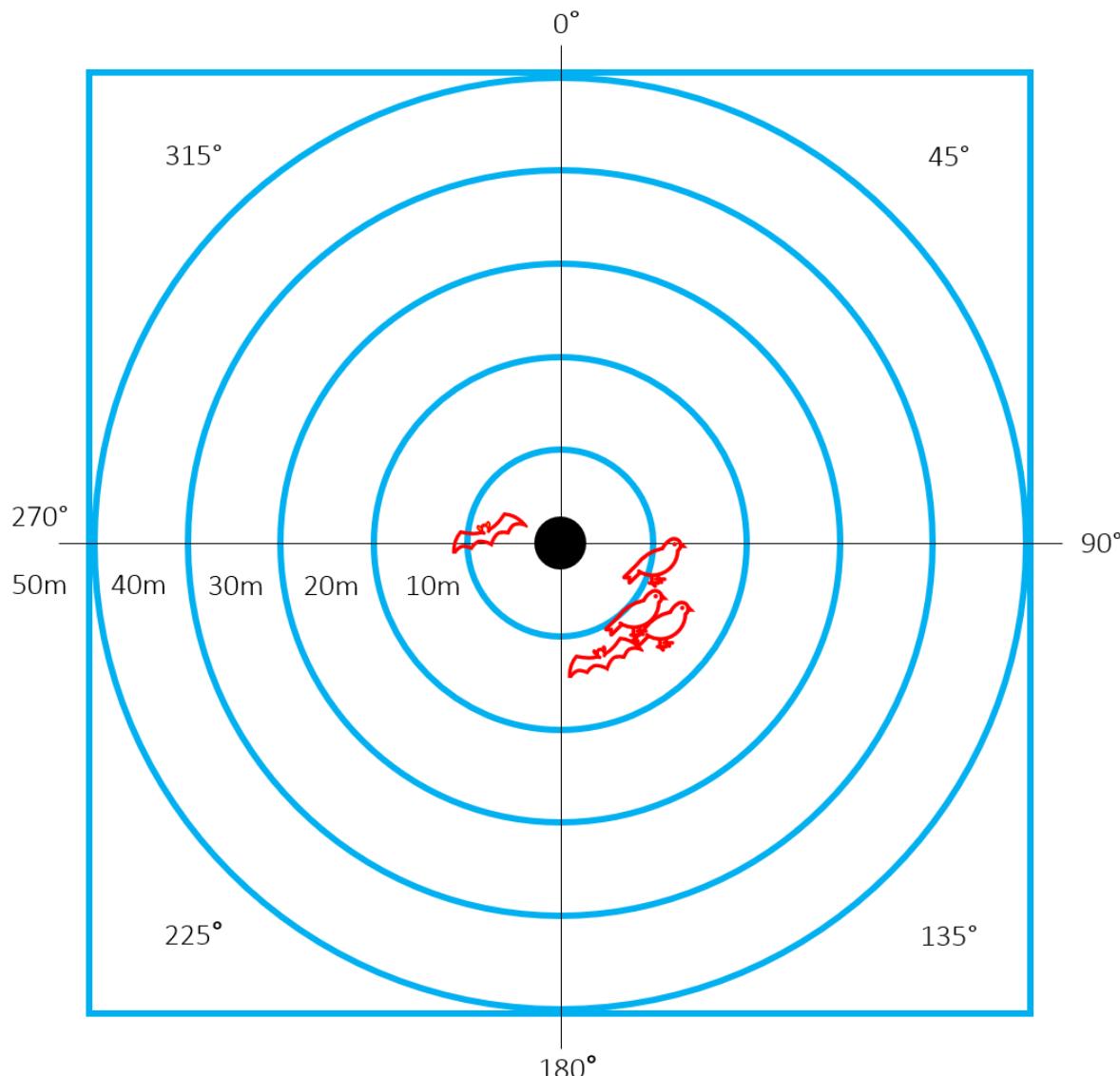


Figure 29 - Position des cadavres découverts autour des éoliennes, (regroupement de toutes les éoliennes sur le même graphique)

V.1.4 - Analyse de cas de mortalité

Un cas de mortalités constatée de chiroptère fait état de cadavre frais. La date de mort peut ainsi être définie approximativement (maximum 2 jours).

Il est ici considéré comme moment à risque les périodes de vents favorables ou très favorables et le danger lié à l'activité des éoliennes élevé à très élevé. **Fait avec limite de vents à 4 m/s.**

- Cas de Mortalité du 14 septembre sous E1 :
 - o Nuit du 13 au 14 : 6% des séquences enregistrées étaient à risque
 - o Nuit du 12 au 13 : 9% des séquences enregistrées étaient à risque

La nuit précédant la découverte du cadavre une faible partie des séquences étaient favorables à l'activité des chiroptères.

Avec un seul cas étudié sur le parc de Plumieux l'utilisation de cet indicateur reste limitée mais l'expérience de Synergis Environnement sur d'autres parcs a montré la pertinence de cet indicateur pour mettre en évidence les risques de collisions des chiroptères avec les éoliennes.

V.1.5 - Conclusion du suivi de mortalité de l'avifaune et des chiroptères

Le suivi de mortalité de l'avifaune et des chiroptères 2020 du parc de Plumieux porte sur le suivi au sol des 8 éoliennes du parc des semaines 20 à 43.

L'estimation de mortalités réelle calculée pour les chiroptères est de l'ordre 15 [2 ; 32]I C80% individus impactés. En ce qui concerne l'avifaune l'estimation de la mortalité réelle calculée est de 21 [3 ; 50]I C80% individus impactés.

La proximité du boisement pour l'éolienne E8 et le réseau de haies autour de E5 peuvent expliquer en partie les cas de mortalité de l'avifaune. Pour ce qui est de la mortalité chiroptérologiques elle peut potentiellement être expliquée par le caractère de déplacement des individus qui doit être non pas de chasse car il n'y a pas d'élément attracteur pour les proies mais par une recherche de site de swarming où d'immigration/migration.

V.2 Résultats du suivi en nacelle des chiroptères

V.2.1 - Résultats des écoutes en nacelle

Les résultats enregistrés lors de la saison d'écoute sont synthétisés dans le tableau suivant. Bien que l'enregistrement ait été lancé et ait fonctionné, aucun contact n'a été enregistré au mois de mai.

Tableau 25 : Nombre de contacts par espèce de chauves-souris

Date de pose	Durée (h)	Période	Espèces					Nombre de contacts brut total	Nombre de contacts / heure	Niveau d'activité
			Pp	Pk	Pn	Nl	Nn			
13/05/2020 au 31/05/2020	216	Mai						0	0	Très faible
01/06/2020 au 30/06/2020	360	Juin	7	5	7			19,00	0,05	Très faible
01/07/2020 au 31/07/2020	372	JUILLET	42	14	2	4		62,00	0,17	Très faible
01/08/2020 au 31/08/2020	372	Août	32	3	17			52,00	0,14	Très faible
01/09/2020 au 30/09/2020	360	Septembre	445	56	30		2	533,00	1,48	Moyen
01/10/2020 au 31/10/2020	372	Octobre			2			2,00	0,01	Très faible

Pp : Pipistrelle commune ; Pk : Pipistrelle de Kuhl ; Pn : Pipistrelle de Natusius

Observations globales

Ce sont au total 668 contacts qui ont été enregistrés lors de la saison pour une moyenne de 0,33 contacts par heure. L'activité chiroptérologique globale au niveau de l'éolienne 2 est donc considérée comme **très faible** selon la méthodologie.

Diversité spécifique

Ce sont 5 espèces de chauves-souris qui ont été recensées en nacelle. Parmi les espèces recensées, on ne retrouve que des espèces à forte sensibilité éolienne.

Tableau 26 : Espèces inventoriées en nacelle

Groupe ou espèce		Nom scientifique	Nombre de mois de présence
Pp	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	4
Pk	Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	4
Pn	Pipistrelle de Natusius	<i>Pipistrellus natusius</i>	5
NI	Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	1
Nn	Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	1

Activité

L'évaluation de leur activité est calculée par l'application du coefficient de détectabilité ainsi qu'en fonction de leur niveau d'abondance en Bretagne comme expliqué dans la méthodologie.

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

Tableau 27 - Evaluation du niveau d'activité des espèces inventoriées par écoute en nacelle

Espèce		Nom scientifique	Activité (cts ajustés/h)	Niveau d'activité
Pp	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	0,21	Faible
Pk	Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	0,03	Très faible
Pn	Pipistrelle de Natusius	<i>Pipistrellus natusius</i>	0,02	Faible
NI	Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	0,00	Très faible
Nn	Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	0,00	Très faible

Toutes les espèces recensées en nacelle ont un niveau d'activité faible à très faible.

L'espèce ayant l'activité la plus élevée est la pipistrelle commune avec 0,21 contact/heure, l'espèce la plus impactée par les éoliennes en Europe.

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

Globalement, il en ressort que :

- Toutes les espèces ont une activité très faible sur l'ensemble de la période d'enregistrement, sauf en septembre où il y a un pic d'activité de niveau modéré ;
- La pipistrelle de Natusius a une activité très faible en juin, juillet et octobre ; faible en août et moyenne en septembre. Cela peut correspondre aux arrivées d'individus en migration ;

- La pipistrelle commune a une activité très faible sauf en septembre où elle augmente pour devenir forte, ce qui peut correspondre à l'éclatement des colonies et à la période de swarming ;
- La pipistrelle de Khul a une activité très faible sauf en septembre où elle augmente pour devenir faible ;
- La noctule de Leisler est présente uniquement au mois de juillet avec une activité très faible.
- La noctule commune est présente au mois de septembre avec une activité très faible. Sa présence à hauteur de nacelle peut s'expliquer par la saison de migration qui a lieu à cette période.
- Une autre hypothèse du pic d'activité en septembre serait une émergence d'insectes qui expliquerait la concentration des chiroptères ;
- Les espèces les plus contactées sont la pipistrelle commune et la pipistrelle de Natusius, qui a été contactée sur cinq des six mois de la période d'enregistrement.

Tableau 28 - Niveau d'activité par espèce observé en nacelle par mois (en ct/h)

Date de pose	Durée d'enregistrement	Période	Espèces				
			Pp	Pk	Pn	Nl	Nn
13/05/2020 au 31/05/2020	216	Mai					
01/06/2020 au 30/06/2020	360	Juin	0,02	0,01	0,02		
01/07/2020 au 31/07/2020	372	JUILLET	0,11	0,04	0,01	0,00	
01/08/2020 au 31/08/2020	372	Août	0,09	0,01	0,05		
01/09/2020 au 30/09/2020	360	Septembre	1,24	0,16	0,08		0,00
01/10/2020 au 31/10/2020	372	Octobre			0,01		

Répartition temporelle des contacts

L'activité la plus forte est au mois de septembre (1.48 contacts/h) et la plus faible est au mois de mai (0 contact/h). La diversité spécifique est au maximum de 4 espèces pendant les mois de juillet et septembre. Le mois de septembre correspond à la période de dissolution des colonies de parturition, à l'arrivée en migration de certaines espèces (pipistrelle de Natusius et noctule commune) et à la forte activité de chasse liée à la préparation de l'hiver. Par conséquent, il est logique que l'activité et la richesse spécifique soient les « plus fortes » durant ce mois.

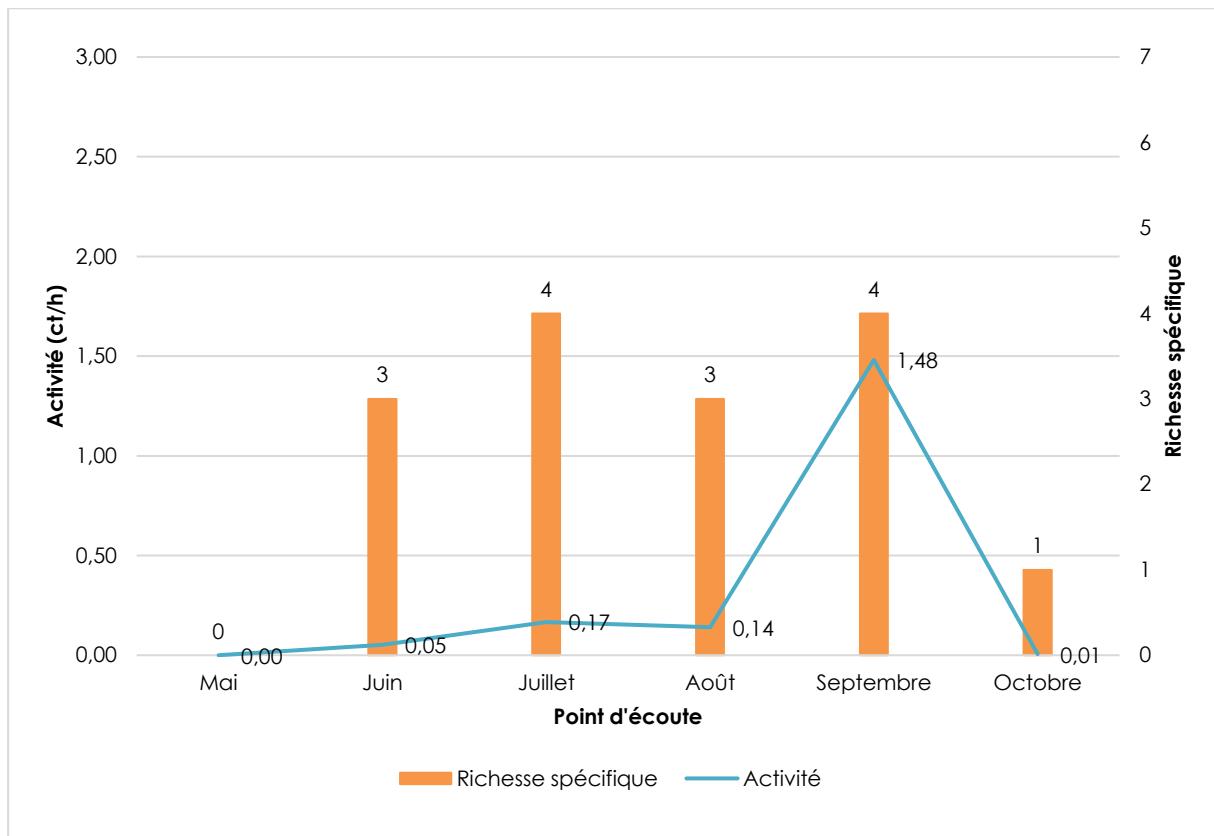


Figure 30 - Evolution de l'activité et de la diversité spécifique au cours de la saison

Impact de la température sur l'activité des chiroptères

La température est un facteur pouvant influencer sur l'activité des chiroptères.

Cependant, les données de température n'ont pas été fournies, ne permettant pas d'étudier l'impact de la température sur l'activité des chiroptères.

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.

Les chauves-souris sont ainsi actives à hauteur de pale lorsque la vitesse du vent est comprise entre 0 et 8 m/s, avec 95% des contacts entre 0 et 4 m/s. Au-delà de ces valeurs, l'activité chiroptérologique diminue énormément, mais il y a quelques contacts jusqu'à 8 m/s.

La vitesse du vent semble jouer un rôle important sur le parc éolien de Plumieux.

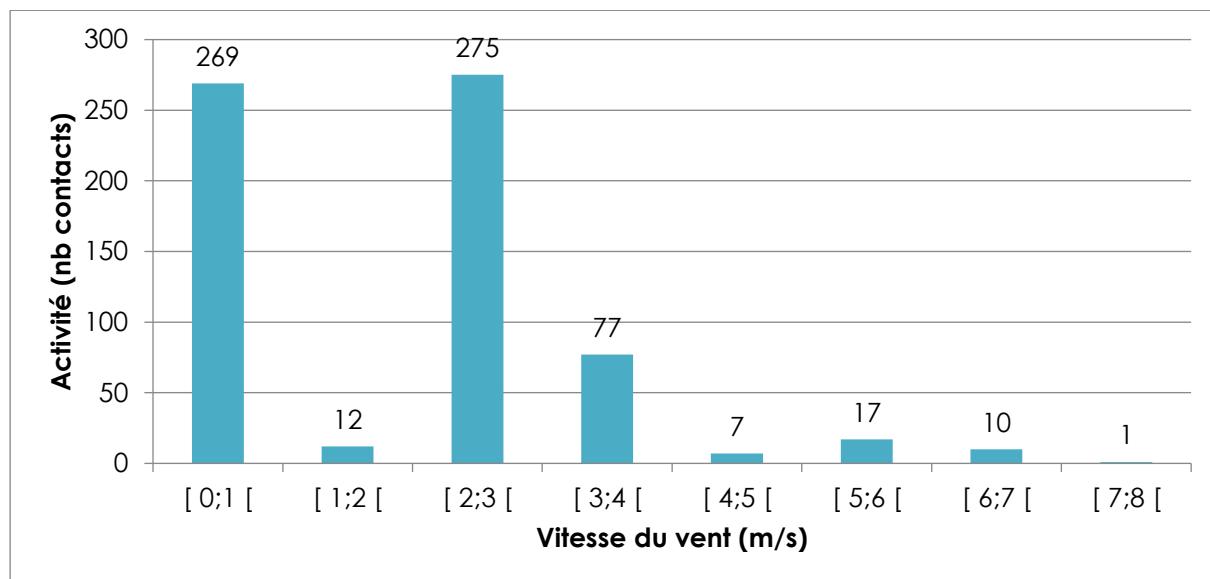


Figure 31 - Evolution de l'activité des chiroptères en fonction de la vitesse du vent

V.2.2 - Évaluation du niveau de vulnérabilité face à l'éolien

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

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



V.2.2.1 - Détermination du niveau d'enjeu

Toutes les espèces de chauves-souris sont protégées en France, mais les statuts de protection et de conservation varient en fonction des espèces. Trois statuts ont ainsi été choisis afin de déterminer le niveau d'enjeu : la liste rouge des mammifères de France métropolitaine (IUCN France, MNHN, SFEPM & ONCFS, 2017), la liste rouge régionale des mammifères de Bretagne (GMB, 2016), 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 29 : 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 :

Tableau 30 : Calcul du niveau d'enjeu patrimonial

Niveau d'enjeu patrimonial	Notation
Faible	0
Modéré	0,5
Fort	1
Très fort	1,5 à 2,5

V.2.2.2 - Evaluation 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 sont protégées en France, mais elles n'ont pas le même statut.

Tableau 31 : Statut de protection et de conservation des espèces inventoriées et leur niveau d'enjeu

Nom vernaculaire	Nom scientifique	LR France (2017)	LR Bretagne (2015)	Protection nationale	Directive habitat	Niveau d'enjeu
Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	VU	NT	Article 2	Annexe IV	Très fort
Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	NT	NT	Article 2	Annexe IV	Fort
Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	NT	NT	Article 2	Annexe IV	Fort
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	NT	LC	Article 2	Annexe IV	Modéré
Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	LC	LC	Article 2	Annexe IV	Faible

La noctule commune est classée très forte de part son statut « vulnérable » sur la liste nationale et « quasi-menacée » à l'échelle régionale.

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

La pipistrelle commune a un niveau d'enjeu modéré dû à son statut « quasi menacée » sur la liste rouge nationale.

La pipistrelle de Kuhl affiche un enjeu faible car elle est en préoccupation mineure sur les listes rouges régionales et nationales.

Cet enjeu est modulé avec l'activité sur le site afin d'obtenir un enjeu sur site. Ainsi, le niveau d'activité de chaque espèce influence son réel enjeu sur le site. Ces variations dépendent du comportement des individus sur site (transit, chasse, cris sociaux, colonie...), de la biologie de l'espèce, de son écologie mais également des périodes et de l'habitat sur lequel l'individu est contacté. Il s'agit donc d'une expertise chiroptérologique propre à chaque espèce ne pouvant être calculée mathématiquement.

Tableau 32 : Niveau d'enjeu patrimoniale des espèces inventoriées et leur niveau d'enjeu sur site

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Niveau d'activité sur site	Niveau d'enjeu	Niveau d'enjeu sur site
Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	Très faible	Très fort	Faible
Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	Très faible	Fort	Faible
Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	Faible	Fort	Modéré
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Faible	Modéré	Modéré
Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Très faible	Faible	Faible

V.2.2.3 - Détermination du niveau de sensibilité

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

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

Tableau 33 : Niveau de risque de collision avec les éoliennes selon les espèces

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

Source : EUROBATS, 2014

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

Tableau 34 : Calcul du niveau de sensibilité

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

V.2.2.4 - Evaluation 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 35 : Comportement et sensibilité des espèces

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

Il ressort de ce tableau que toutes les espèces ont une sensibilité forte à l'éolien.

V.2.2.5 - 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 36 : Calcul du niveau de vulnérabilité

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

Evaluation 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 37 - Vulnérabilité des espèces de chauves-souris

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Niveau d'enjeu sur site	Niveau de sensibilité face à l'éolien	Niveau de vulnérabilité sur site
Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	Faible (0)	Fort (2)	Assez fort (2)
Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	Faible (0)	Fort (2)	Assez fort (2)
Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	Modéré (0.5)	Fort (2)	Assez fort (2.5)
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Modéré (0.5)	Fort (2)	Assez fort (2.5)
Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Faible (0)	Fort (2)	Assez fort (2.5)

Toutes les espèces présentes sont donc concernées par un niveau de vulnérabilité assez fort 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.

Noctule commune – *Nyctalus noctula***Espèce de vulnérabilité assez 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 32 : Noctule commune

Source : ALTHIS

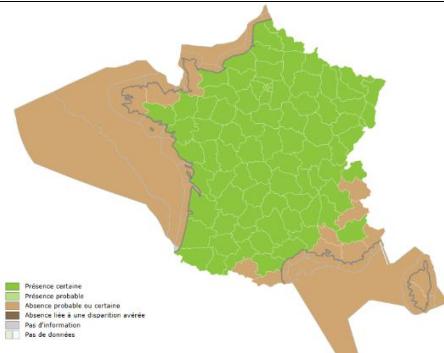


Figure 33 : Carte de répartition

Source : INPN

Noctule de Leisler – *Nyctalus leisleri***Espèce de vulnérabilité assez forte**

La Noctule de Leisler est une espèce de taille moyenne qui fréquente les milieux forestiers et particulièrement les forêts de feuillus ouvertes. Cette espèce, migratrice, peut effectuer des déplacements allant de quelques centaines de kilomètres jusqu'à plus de 1500 km. Ses gîtes sont arboricoles, principalement en boisements de feuillus.

En France, l'espèce est présente sur l'ensemble du territoire.

Découverte seulement en 2002 en Bretagne, elle est considérée comme rare et mal connue dans la région.



Figure 34 : Noctule de Leisler

source : ONF



Figure 35 : Carte de répartition

Source : INPN

Pipistrelle commune – *Pipistrellus pipistrellus***Espèce de vulnérabilité assez forte**

La pipistrelle commune est une espèce de petite taille qui fréquente tous les milieux. Elle se retrouve en pleine forêt comme en villes ou en zones cultivées. Elle gîte dans les bâtiments, les greniers, les fissures de murs, les cavités arboricoles et 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.



Photo 1 - Pipistrelle commune

Source : Photo ALTHIS



Figure 36 - Carte de répartition

Source : Carte INPN

Pipistrelle de Kuhl – *Pipistrellus kuhlii***Espèce de vulnérabilité assez forte**

La pipistrelle de Kuhl est une chauve-souris de petite taille anthropophile. Elle se rencontre fréquemment dans les villes. Elle fréquente également les milieux agricoles, forestiers et une grande diversité d'autres habitats. Elle gîte en période estivale dans les bâtiments et très rarement dans les cavités arboricoles.

En France, la pipistrelle de Kuhl est bien présente à l'exception de certains départements au nord où elle reste anecdotique.



Photo 2 - Pipistrelle de Kuhl

Source : Photo V. Verissimo

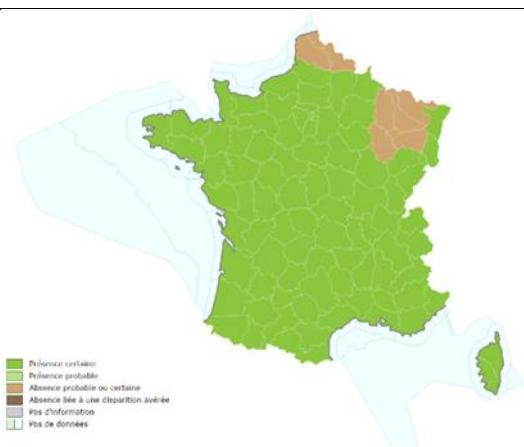


Figure 37 - Carte de répartition

Source : Carte INPN

Pipistrelle de Nathusius – *Pipistrellus nathusii***Espèce de vulnérabilité assez forte**

La pipistrelle de Nathusius est une espèce forestière qui fréquente préférentiellement les boisements avec de nombreux points d'eau. Il s'agit d'une espèce migratrice qui vole sur de grandes distances entre ses gîtes de mise bas et d'hibernation.

En France, l'espèce est plus présente sur les zones littorales qu'au centre.

En Bretagne, elle est considérée comme rare ou très localisée.



Photo 3 - Pipistrelle de Nathusius
Source : Photo J.Wedd

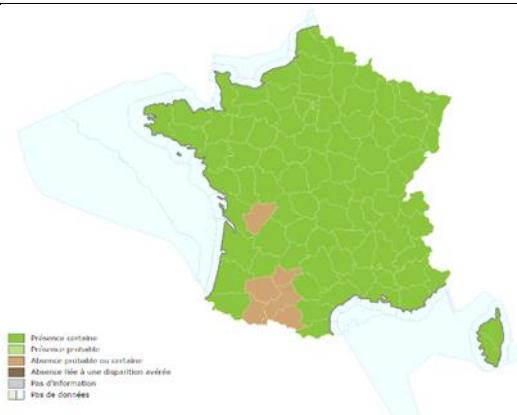


Figure 38 : Carte de répartition
Source : Carte INPN

V.2.3 - Synthèse des enjeux et vulnérabilités

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

La pipistrelle commune et la pipistrelle de Nathusius sont les espèces les plus contactées en termes de saisonnalité. Cependant, c'est la pipistrelle commune qui possède la plus forte activité durant la saison. La noctule commune est l'espèce la moins contactée.

Les trois espèces de pipistrelles ont toutes leur activité au maximum durant le mois de septembre, mois durant lequel les colonies de parturition s'éclatent définitivement et où les individus se retrouvent pour la reproduction, ou chassent en préparation de l'hiver.

L'activité au niveau de la nacelle est qualifiée de très faible, 0,33 ct/h.

Tableau 38 - Niveau d'enjeu et de vulnérabilité des espèces sur le parc éolien de Plumieux

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Niveau d'enjeu sur site	Niveau de sensibilité face à l'éolien	Niveau de vulnérabilité sur site
Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	Faible (0)	Fort (2)	Assez fort (2)
Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	Faible (0)	Fort (2)	Assez fort (2)
Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	Modéré (0.5)	Fort (2)	Assez fort (2.5)
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Modéré (0.5)	Fort (2)	Assez fort (2.5)
Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Faible (0)	Fort (2)	Assez fort (2.5)

Conclusion du suivi en nacelle des chiroptères

Le suivi en nacelle des chiroptères du parc de Plumieux s'est fait entre les semaines 20 et 43 sur l'éolienne 2.

L'activité est très faible sur l'ensemble de la saison, avec une activité de 0,33 contacts/heure. Ces contacts ont été enregistrés sur toute la saison, hors mois de mai.

95% des individus ont été contactés avec un vent inférieur à 4 m/s .

Cinq espèces ont été enregistrées, trois du genre Pipistrellus et deux du genre Nyctalus. Celles-ci ont toutes un niveau de sensibilité fort à l'éolien. **Leur vulnérabilité sur site est évaluée comme « assez forte ».**

N'ayant pas de données de température ni de précipitations pour l'éolienne 1, il convient de mettre en place un bridage lorsque la vitesse de vent est comprise entre 0 et 4 m/s, sans spécificité de température ou de précipitations.

V.3 Prise en compte du risque de mortalité

V.3.1 - Analyse du risque

L'analyse de cas (V.1.4 -) 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.

Tableau 39 : Répartition des séquences (nuit entière)

		Conditions de vent (- de 3,5 m/s) et rotation du rotor (-de 6tr/min)							Conditions de vent (- de 4 m/s) et rotation du rotor (-de 6tr/min)				
Danger lié à la rotation des pales	Parc entier	Conditions de vent pour l'activité des chiroptères					Parc entier	Conditions de vent pour l'activité des chiroptères					
		Défavorable	Peu favorable	Favorable	Très Favorable	Total		Défavorable	Peu favorable	Favorable	Très Favorable	Total	
Total	Très élevé	71%	14%	5%	1%	91%	Total	58%	17%	8%	4%	87%	
	Elevé	1%	0%	1%	1%	3%		1%	0%	1%	2%	4%	
	Faible	0%	0%	0%	1%	1%		0%	0%	0%	2%	2%	
	Très faible	0%	2%	0%	4%	6%		0%	1%	0%	5%	6%	
	Total	72%	16%	6%	7%	100%		59%	18%	9%	13%	100%	

Résumé pour le parc entier

Risque	Faible	Modéré	Fort	Très fort
	75%	16%	6%	1%

Résumé pour le parc entier

Risque	Faible	Modéré	Fort	Très fort
	65%	20%	10%	4%

Il y a donc eu au cours de la période de suivi, 14 % des séquences pouvant être considérées comme à risque fort ou très fort pour l'ensemble du parc en prenant comme limite de vent 4 m/s. Ces séquences sont potentiellement mortifères pour les chiroptères. Les différences entre éoliennes sont assez réduites de 11% pour E1 à 15% pour E6 et E7.

Il est intéressant de remarquer qu'un seuil limite de vent réduit de seulement 0,5 m/s est beaucoup moins discriminant pour prendre en compte les séquences à risques (passage de 14% à 7%).

V.3.2 - 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. La forte activité des chiroptères et les deux cadavres découverts en septembre mettent en évidence la nécessité de réduire le risque de collision éolien principalement à cette période de l'année pour le parc de Plumieux. La mise en place d'un bridage (arrêt totale des turbines) au cours du mois de septembre lorsque le vent est inférieur à 4 m/s et la vitesse de rotation du rotor supérieur à 6 tr/min permettrait de réduire les périodes à risques pour les chiroptères. L'activité des chiroptères étant bien plus forte lors de la première partie de la nuit (-0h30 à +3h du coucher du soleil), la mise en route du bridage doit inclure cette plage horaire.

Un tel bridage nécessiterait l'arrêt des turbines avec des conditions climatiques comme celle de 2020, 15% du temps lors de la première partie de nuit (-0h30 à +3h du coucher du soleil), ce qui correspond à 2% d'arrêt sur l'ensemble du mois septembre toutes périodes confondues.

Tableau 40 : Répartition des séquences entre les semaines 36 à 40 (-0h30 à +3h du coucher du soleil)

Condition de vent (-4 m/s) et rotation du rotor (-6 tr/min)												
Danger lié à la rotation	Condition de vent pour l'activité des chiroptères					E6	Condition de vent pour l'activité des chiroptères					
	E1	Défavorable	Peu favorable	Favorable	Très Favorable	Total	Défavorable	Peu favorable	Favorable	Très Favorable	Total	
Danger lié à la rotation	Très élevé	68%	17%	6%	3%	94%	Très élevé	49%	25%	15%	3%	92%
	Elevé	0%	0%	1%	1%	2%	Elevé	0%	0%	2%	2%	4%
	Faible	0%	0%	0%	1%	1%	Faible	0%	0%	0%	1%	1%
	Très faible	0%	0%	0%	3%	3%	Très faible	0%	0%	0%	3%	3%
	Total	68%	17%	7%	8%	100%	Total	49%	25%	17%	9%	100%
Danger lié à la rotation	E2	Défavorable	Peu favorable	Favorable	Très Favorable	Total	E7	Défavorable	Peu favorable	Favorable	Très Favorable	Total
	Très élevé	61%	22%	7%	3%	93%	Très élevé	44%	28%	15%	3%	90%
	Elevé	0%	0%	1%	1%	2%	Elevé	0%	0%	2%	2%	4%
	Faible	0%	0%	0%	2%	2%	Faible	0%	0%	0%	2%	2%
	Très faible	0%	0%	0%	3%	3%	Très faible	0%	0%	0%	3%	3%
Danger lié à la rotation	Total	61%	22%	8%	9%	100%	Total	44%	28%	17%	10%	99%
Danger lié à la rotation	E3	Défavorable	Peu favorable	Favorable	Très Favorable	Total	E8	Défavorable	Peu favorable	Favorable	Très Favorable	Total
	Très élevé	62%	22%	8%	2%	94%	Très élevé	50%	24%	15%	3%	92%
	Elevé	0%	0%	1%	1%	2%	Elevé	0%	0%	2%	1%	3%
	Faible	0%	0%	0%	1%	1%	Faible	0%	0%	0%	2%	2%
	Très faible	0%	0%	0%	3%	3%	Très faible	0%	0%	0%	3%	3%
	Total	62%	22%	9%	7%	100%	Total	50%	24%	17%	9%	100%
Danger lié à la rotation	E4	Défavorable	Peu favorable	Favorable	Très Favorable	Total	Parc entier	Défavorable	Peu favorable	Favorable	Très Favorable	Total
	Très élevé	58%	25%	9%	2%	94%	Très élevé	55%	23%	11%	3%	92%
	Elevé	1%	0%	0%	1%	2%	Elevé	1%	0%	1%	1%	3%
	Faible	0%	0%	0%	1%	1%	Faible	0%	0%	0%	1%	1%
	Très faible	0%	0%	0%	3%	3%	Très faible	0%	0%	0%	3%	3%
	Total	59%	25%	9%	7%	100%	Total	56%	23%	12%	8%	101%
Danger lié à la rotation	E5	Défavorable	Peu favorable	Favorable	Très Favorable	Total	Risque	Faible	Modéré	Fort	Très fort	
	Très élevé	49%	25%	16%	3%	93%		59%	25%	12%	3%	
	Elevé	0%	1%	1%	1%	3%						
	Faible	0%	0%	0%	1%	1%						
	Très faible	0%	0%	0%	3%	3%						
	Total	49%	26%	17%	8%	100%						

Pour les préconisations de bridage la limite de vents prise en compte est majorée de 0,5m/s pour prendre en compte la non-linéarité des vitesses de vents et la fluctuation de l'activité des chiroptères selon les années.

Les caractéristiques de bridage à retenir sont alors :

Tableau 41 : Mesures de bridage proposées (en rouge les modifications préconisés)

Période	Semaine 23 à 35	Semaine 36 à 40	Semaine 41 à 44
Eolienne	Pas de bridage	Toutes	Pas de bridage
Vent		< 4,5 m/s	
Pluie		<0,83mm/10min	
T°		>9°C	
Horaire par rapport au coucher de soleil		-0h30 à +3h	

VI.Bilan

Le parc éolien de Plumieux exploité par ENGIE GREEN, se situe dans un contexte agricole avec un bocager dégradé, sur le territoire des Côtes-d'Armor. Plusieurs petits boisements sont présents à proximités des éoliennes et plus éloigné au sud-est un corridor identifié par le Schéma régionale de Cohérence Ecologique est identifiable par les cours d'eaux et zones naturelles présentes.

Le suivi de la mortalité des oiseaux et des chiroptères a été mené de la semaine 20 à 43 en 2020. Il met en avant la mortalité de **3 oiseaux et de 2 chiroptères**. La mortalité réelle pour l'ensemble des deux parc est de l'ordre de **21** [3 ; 50]IC80% **oiseaux** (2 espèces) et **15** [2 ; 32]IC80% **chiroptères** (1 espèce).

Le suivi en nacelle de l'activité de chiroptères s'est opéré entre les semaines 20 et 43 sur l'éolienne E2. **L'activité détectée est très faible** sur l'ensemble sur l'ensemble de la saison **à l'exception du mois de septembre**. Au mois de mai, aucun contact n'est détecté. Les cinq espèces contactées présentent une vulnérabilité « assez forte » sur le site.

VI.1 Préconisation de mesures proposées par Synergis Environnement

L'augmentation de l'activité des chiroptères, la sensibilité « forte » des espèces à l'éolien et la découverte de deux cadavres de chiroptères lors du mois de septembre pousse Synergis Environnement à préconiser un bridage de l'ensemble des éoliennes du parc sur cette période.

Les préconisations de bridage sont les suivantes :

Période	Semaine 23 à 35	Semaine 36 à 40	Semaine 41 à 44
Eolienne	Pas de bridage	Toutes	Pas de bridage
Vent		< 4,5 m/s	
Pluie		<0,83mm/10min	
T°		>9°C	
Horaire par rapport au coucher de soleil		-0h30 à +3h	

VI.2 Mesures retenues par ENGIE GREEN :

Engie Green n'a pas souhaité mettre en place un plan de bridage sur les parcs éoliens de Plumieux pour les raisons suivantes :

- Avec 668 contacts au niveau de la nacelle de l'éolienne E2, l'activité chiroptérologique est considérée comme très faible ;
- La mortalité brute des chiroptères est faible : 0,25 cas/éolienne (2 cas pour 8 éoliennes).
- La mortalité réelle des chiroptères est également très faible : 1,88/éolienne (moyenne de 15 pour 8 éoliennes).

VII. Bibliographie

- ARTHUR, L., LEMAIRE, M., 2015. Les chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse. Biotope, Mèze ; Muséum national d'histoire naturelle, Paris (Inventaires et biodiversité Series), 544 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, A. M., LIMPENS H.J.G.A. & VERBOOM B., 1995. – The influence of landscape elements on the echolocation of the pond bat *Myotis dasycneme*. – *Rhinolophe* 11 : 39-40.
- CRYAN P. M. & BARCLAY R. 2009. Causes of bat fatalities at wind turbines : hypotheses and predictions. *Journal of Mammalogy*. Vol.90, n°6. p. : 1330-1340.
- DULAC P., 2008. Évaluation de l'impact du parc éolien de Bouin (Vendée) sur l'avifaune et les chauves-souris. Bilan de 5 années de suivi. LPO délégation Vendée / ADEME Pays de la Loire / Conseil régional des Pays de la Loire, La Roche-sur-Yon. Nantes. 106p.
- DÜRR T., 2020. Fledermausverluste an Windenergieanlagen. Daten aus der zentralen Fundkartei der Staatlichen Vogelschutzwarte im Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg. Septembre 2020.
- EUROBATS, 2014. – Lignes directrices pour la prise en compte des chauves-souris dans les projets éoliens. Actualisation 2014. – EUROBATS Publications Series N°6 (version française). UNEP/EUROBATS Secrétariat, Bonn, Allemagne, 133p.
- JOHNSON, G. D., PERLIK, M. K., ERICKSON, W. P., & STRICKLAND, M. D., 2004. Bat activity, composition, and collision mortality at a large wind plant in Minnesota. *Wildlife Society Bulletin*, 32(4), 1278-1288.
- LONG C.V., FLINT J.A. & LEPPER P.A. 2011. Insect attraction to wind turbines : does colour play a role ? Eur. J. Wildl. Res., published online.
- MARX G., 2017. Le parc éolien français et ses impacts sur l'avifaune – Etude des suivis de mortalité réalisés en France de 1997 à 2015 – LPO France.
- ERICKSON W., STRICKLAND D., JOHSON G. & KERN W., 2000. Examples of statistical methods to assess risk of impacts to birds from wind plants – National Avian, Wind Power Planning Meeting III – San Diego, California, p 172 -182.
- MONTGOMERY, I., CARUSO, T., & REID, N., 2020. Hedgerows as Ecosystems: Service Delivery, Management, and Restoration. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 51, 81-102.
- MORRIS, A. D., MILLER, D. A., & KALCOUNIS-RUEPPELL, M. C., 2010. Use of forest edges by bats in a managed pine forest landscape. *The Journal of Wildlife Management*, 74(1), 26-34.
- MOTTE & LIBOIS, 2002. Conservation of the lesser horseshoe bat (*Rhinolophus hipposideros*) Bechstein, 1800 (Mammalia: Chiroptera) in Belgium. A case study of feeding habitat requirements. *Belg. J. Zool.*, 132 (1) : 49-
- MTES, 2018. – Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres. – 19p.
- LPO, 2004 (révision en août 2009). Protocoles de suivis pour l'étude des impacts d'un parc éolien sur l'avifaune. Programme national Eolien et Biodiversité ADEME-MEEDDM-SER/FEE-LPO
- Ouest Am', 2019. Impacts des éoliennes sur les oiseaux et les chiroptères de l'ouest de la France : étude des suivis de mortalité de 2010 à 2019. Ouest Aménagement.
- RODRIGUES, L., L. BACH, M.-J. DUBOURG-SAVAGE, B. KARAPANDZA, D. KOVAC, T. KERVYN, J. DEKKER, A. KEPEL, P. BACH, J. COLLINS, C. HARBUSCH, K. PARK, B. MICEVSKI, J. MINDER-MANN, 2015. Lignes

directrices pour la prise en compte des chauves-souris dans les projets éoliens. Actualisation 2014. EUROBATS Publication : séries N° 6 (version française). UNEP/EUROBATS Secrétariat, Bonn, Allemagne, 133 p.

RYDELL J., BACH L., DUBOURG-SAVAGE M.J., GREEN M., RODRIGUES L. & HEDENSTRÖM A. 2010. Mortality of bats at wind turbines in northwestern Europe. *Acta Chiropterologica* 12(2) : 261-274.

SIEMERS B.M. & SCHNITZLER H.-U., 2000. – Natterer's bat (*Myotis nattereri* Kuhl, 1818) hawks for prey close to végétation using ecolocation signals of very broad bandwidth. – *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 47 : 400-412.

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

ANNEXE I

Photos des cadavres découverts lors de la campagne de suivi
2020

Date	29/06/2020	03/08/2020
Photo		
Espèce	Martinet noir <i>Apus apus</i>	Martinet noir <i>Apus apus</i>
Eolienn e	E5	E8
Classe d'âge	Juvénile	Adulte

Date	03/08/2020	14/09/2020
Photo		
Espèce	Étourneau sansonnet <i>Sturnus vulgaris</i>	Pipistrelle commune <i>Pipistrellus pipistrellus</i>
Eolienn e	E5	E1
Classe d'âge	Adulte	Adulte

Date	28/09/2020
Photo	
Espèce	Pipistrelle sp. <i>Pipistrellus sp.</i>
Eolienn e	E1
Classe d'âge	Adulte